

L'Hygiène du Lait

et la

Pasteurisation tubulaire intégrale

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le 22 Mai 1937

POUR OBTENIR LE GRADE DE
Docteur en Médecine

PAR

Marguerite JANNIN-BOUIN

DIPLOMÉE D'HYGIÈNE 1935

Née à Nancy (M.-et-M.), le 9 Décembre 1907

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :	{	MM. PARISOT, professeur . . .	Président
		ROBERT, professeur . . .	Juges
		CAUSSADE, professeur . . .	
		MELNOTTE, agrégé . . .	

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront posées sur les diverses parties de l'enseignement médical

NANCY-LAXOU

Imprimerie A. TOLLARD, 2 et 4, Rue de Maréville

1937

L'Hygiène du Lait

et la

Pasteurisation tubulaire intégrale

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le 22 Mai 1937

POUR OBTENIR LE GRADE DE
Docteur en Médecine

PAR

Marguerite JANNIN-BOUIN

DIPLOMÉE D'HYGIÈNE 1935

Née à Nancy (M.-et-M.), le 9 Décembre 1907

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :

{	MM. PARISOT, professeur . .	Président
	ROBERT, professeur . .	Juges
	CAUSSADE, professeur .	
	MELNOTTE, agrégé . .	

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront posées sur les diverses parties de l'enseignement médical

NANCY-LAXOU

Imprimerie A. TOLLARD, 2 et 4, Rue de Maréville

1937

FACULTÉ DE MÉDECINE DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

Doyen : M. L. SPILLMANN, O $\star$, I $\circ$.

Professeurs honoraires : MM. NICOLAS, $\star$, I $\circ$; WEISS, O $\star$, I $\circ$;
BOUIN, O $\star$, I $\circ$; ANCEL, $\star$, I $\circ$; GARNIER, $\star$, I $\circ$;
MACÉ, $\star$, I $\circ$; P. PARISOT, O $\star$, I $\circ$; DUFOUR, $\star$, I $\circ$;

Professeurs :

Anatomie pathologique
Clinique des malad. syphilit. et cutanées
Cliniq. de chir. infantile et d'orthopédie
Physiologie.....
Clinique obstétricale et Accouchements .
Clinique d'oto-rhino-laryngologie
Clinique de chirurgie urinaire
Histologie
Anatomie descriptive
Clinique chirurgicale
Clinique médicale
Chimie médicale
Clinique médicale.....
Hyg. ène et médecine préventive
Clinique chirurgicale
Clinique ophtalmologique
Hydrologie
Clinique des maladies des enfants
Bactériologie et parasitologie médicale ...
Thérapeutique

M. L. HOCHÉ, O $\star$, I $\circ$.
M. L. SPILLMANN, O $\star$, I $\circ$.
M. FRÉLICH, $\star$, I $\circ$.
M. M. LAMBERT, $\star$, I $\circ$.
M. A. FRUHNHOLZ, O $\star$, I $\circ$.
M. P. JACQUES, $\star$, I $\circ$.
M. P. ANDRÉ, $\star$, I $\circ$.
M. R. COLLIN, $\star$, I $\circ$.
M. M. LUCIEN, $\star$, I $\circ$.
M. G. MICHEL, $\star$, I $\circ$.
M. L. RICHON, $\star$, I $\circ$.
M. H. ROBERT, $\star$, I $\circ$.
M. M. PERRIN, $\star$, I $\circ$.
M. J. PARISOT, C $\star$, I $\circ$.
M. HAMANT, $\star$, I $\circ$.
M. P. JEANDELIZE, $\star$, I $\circ$.
M. SANTENOISE, $\star$, $\star$, $\star$, A $\circ$.
M. L. CAUSSADE, $\star$, I $\circ$.
M. DE LAVERGNE, $\star$, I $\circ$.
M. SIMONIN, I $\circ$.
M. L. JOB, $\star$, I $\circ$;
M. WATRIN, $\star$, I $\circ$;
M. BINET, $\star$, I $\circ$.

Professeurs sans chaire.....

Chargés de cours complémentaires :

Clinique des maladies tuberculeuses ..
Pathologie générale
Clinique gynécologique.....
Pathologie externe
Clinique des maladies contagieuses
Clinique des vieillards.....
Propédeutique dermatologique
Médecine opératoire
Electrothérapie et radiologie
Accouchements (cours théorique)
Obstétrique
Clinique propédeutique médicale.....
Anatomie et Médecine légale
Pathologie interne.....
Clinique des maladies mentales
Éducation physique (I).....
Physiologie du travail
Clinique neurologique (I)
Propédeutique O.-R.-L. (I).....
Parasitologie.....

M. ABEL, $\star$, I $\circ$, agrégé.
M. P. SIMONIN I $\circ$, prof.
M. DROUET, I $\circ$, agrégé.
M. A. BINET, $\star$, I $\circ$, prof. sans chaire
M. GUILLEMIN, A $\circ$, agrégé.
M. DE LAVERGNE, $\star$, I $\circ$, professeur.
M. DROUET, I $\circ$, agrégé.
M. WATRIN, $\star$, I $\circ$, prof. sans chaire.
M. M. BARTHÉLEMY, $\star$, I $\circ$, agr. libre.
M. G. LAMY, $\star$, I $\circ$, ch. du c. ag. lib.
M. JOB, $\star$, I $\circ$, prof. sans chaire.
M. VERMELIN, $\star$, I $\circ$, agrégé.
M. KISSEL, agrégé.
M. MUTEL, $\star$, I $\circ$, agrégé.
M. ABEL, $\star$, I $\circ$, agrégé.
M. HAMEL, $\star$, docteur.
M. L. MERKLEN, A $\circ$, agrégé.
M. L. MERKLEN, A $\circ$, agrégé.
M. MICHON, docteur.
M. AUBRIOT, docteur.
M. DOMBRAY, docteur.

Agrégés en exercice :

MM. MERKLEN, A $\circ$.
FLORENTIN, A $\circ$.
BODART.
CHALNOT.
WOLFF, A $\circ$.

MM. POURSINES.
MELNOTTE, O $\star$.
MUTEL, $\star$, I $\circ$.
VERMELIN, $\star$, A $\circ$.

MM. GUILLEMIN, A $\circ$.
ABEL, $\star$, A $\circ$.
DROUET, A $\circ$.
SIMONIN, A $\circ$.

Agrégés libres :

MM. G. GROSS, $\star$, I $\circ$; S. RÉMY, I $\circ$; BUSQUET, I $\circ$.
BARTHÉLEMY, $\star$, I $\circ$; LAMY, $\star$, I $\circ$;
M. E. TRIBOLET, I $\circ$, Secrétaire.

(1) Fondation de l'Université.

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ni les approuver ni les imputer.



A MES PARENTS

M. Maurice BOUIN

Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

M^{me} M. BOUIN,

Médecin-Chef du Sanatorium de Lay-Saint-Christophe.

*Témoignage de notre profonde
reconnaissance pour l'affection et
l'aide qu'ils n'ont cessé de nous
apporter.*

A TOUTE MA FAMILLE.

A mon président de thèse,

M. le Professeur Jacques PARISOT,
Commandeur de la Légion d'Honneur,
Professeur d'Hygiène et de Médecine sociale,
Membre correspondant de l'Académie de Médecine,
Délégué de la France au Comité d'Hygiène
de la S. D. N.

*Qui nous a fait le très grand hon-
neur de présider cette thèse et nous
a toujours prodigué son bienveillant
appui.*

A mes Juges,

M. le Professeur H. ROBERT,
Chevalier de la Légion d'Honneur,
Professeur de Chimie Médicale et de Toxicologie.

M. le Professeur CAUSSADE
Chevalier de la Légion d'Honneur
Professeur de Clinique Médicale Infantile

M. le Professeur agrégé P. MELNOTTE,
Officier de la Légion d'Honneur,
Professeur agrégé d'Hygiène,
Médecin Lieutenant-Colonel des Hôpitaux militaires.

*A TOUS NOS MAITRES DE LA FACULTÉ
DE MEDECINE DE NANCY.*

Avant-Propos

Au moment de terminer nos études médicales, nous tenons à adresser l'expression de toute notre reconnaissance à nos Maîtres de la Faculté de Médecine de Nancy et des Hôpitaux, pour le précieux enseignement qu'ils nous ont donné.

Que M. le Doyen SPILLMANN trouve ici l'expression de toute notre gratitude pour la constante bienveillance qu'il nous a toujours témoignée.

Nous remercions tout particulièrement M. le Professeur Jacques PARISOT d'avoir accepté la présidence de cette thèse et des encouragements qu'il nous a apportés à traiter ce sujet si discuté d'Hygiène sociale.

Merci également à nos juges, à M. le Professeur ROBERT pour ses bons conseils, à M. le Professeur MELNOTTE pour ses critiques si justifiées, à M. le Professeur MERKLEN, dont nous continuons à suivre l'enseignement avec le plus grand plaisir.

Nos plus vifs remerciements à la Faculté des Sciences de Nancy, d'avoir bien voulu nous accueillir dans ses laboratoires de l'Ecole de Laiterie, sous la direction de M. le Professeur BOUIN, dont la paternelle expérience a inspiré et guidé ce travail.

MM. LAMBINET et CHÉRON nous ont reçu avec bienveillance dans leur laiterie. Nous les prions de croire à nos sentiments reconnaissants.

Introduction

La question de l'obtention d'un lait pur et sain est une de celles qui actuellement retiennent le plus l'attention des médecins et des hygiénistes. A l'heure où notre dénatalité s'accroît à un rythme inquiétant, il importe, par des mesures de prophylaxie et d'hygiène, de chercher à abaisser dans toute la mesure possible la mortalité infantile.

C'est trop souvent à la mauvaise qualité du lait de consommation que l'on peut attribuer la mortalité des nourrissons dans leur première année. Les laits de consommation courante sont presque toujours mal-propres et trop microbiens.

La souillure des laits est de tous les instants. Depuis la traite jusqu'à la livraison au consommateur, que d'étapes et combien nombreuses sont les chances de contamination, de souillure.

A la traite, les causes les plus fréquentes de souillure du lait proviennent de l'animal lui-même, rarement propre, quelquefois malade ou mal alimenté; de l'étable, des poussières soulevées par la distribution des fourrages, etc.; en outre, les récipients destinés à recevoir le lait peuvent être insuffisamment nettoyés. Les transvasements dans l'atmosphère tiède et pous-

siéreuse de l'étable viennent encore s'ajouter aux causes déjà si nombreuses de souillure.

Le lait qui vient d'être recueilli est à une température voisine de 35-36 degrés, donc éminemment favorable à la multiplication des microbes. Il est de notion courante que le lait doit être, aussi rapidement que possible, après la traite, *filtré* et *refroidi*; mais il y a beaucoup de fermes où l'application de ces modestes prescriptions sont inobservées ou même inobservables.

La contamination du lait est, plus souvent qu'on ne pourrait le croire, due au personnel. La propreté du vacher, du marcaire, n'est pas aussi facile à obtenir qu'on pourrait se l'imaginer, et même très propre, ce qui est rare, un marcaire peut être porteur de bacilles, peut contaminer le lait à son insu et à l'insu de son employeur.

Même recueilli avec tous les soins désirables, le lait peut encore être souillé en cours de débit. Ne voit-on pas tous les jours, sur les trottoirs de la ville, les laitiers distribuer, transvaser leur lait sous le vent et la poussière !

A tous ceux qui ont suivi le lait depuis le petit producteur avec ses moyens limités jusqu'à la distribution au consommateur, après de nombreux transvasements, il paraît bien improbable qu'on puisse arriver assez rapidement à obtenir la production et la distribution d'un lait propre et sain, du moins dans l'état actuel des choses. Aussi tous les jours voit-on s'accroître, parmi les hygiénistes, le nombre des partisans de la pasteurisation obligatoire.

La loi du 2 juillet 1935 a été une déception pour les partisans de la pasteurisation. Le législateur, dans la crainte d'apporter une gêne évidemment considérable aux petits producteurs livrant eux-mêmes directement leur lait à la consommation et aux petits ramasseurs de moins de 600 litres de lait, semble avoir par trop oublié le côté hygiénique de la question; il a oublié le consommateur et surtout le plus intéressant, le plus important de tous, le nourrisson. Et cependant l'expérience de Strasbourg, qui est citée partout et qui n'est que la confirmation des nombreuses observations faites à l'étranger, a montré de lumineuse façon l'effrayante hécatombe que l'on doit au lait cru.

Il est vrai que l'article premier de la loi stipule que : « Le lait destiné à la consommation ou à la fabrication d'un produit laitier ne pourra être mis en vente que s'il provient de femelles laitières en parfait état sanitaire. »

Cette disposition de la loi semblerait devoir appeler un contrôle sanitaire obligatoire des étables, mais ce contrôle n'est pas organisé par la loi; il est inexistant, d'autant plus que par l'article 7 : « Les modalités de contrôle, l'obligation de la déclaration à la préfecture du département, ne s'appliquent point aux agriculteurs qui vendent directement aux consommateurs »; et ainsi l'hécatombe des tout-petits continue.

Avant la loi de 1935, les préfets, dans leur département, les maires, dans leur circonscription communale, pouvaient prendre des arrêtés rendant la pasteurisation obligatoire. Depuis le 1^{er} janvier 1935, ces arrêtés

ne sont plus valables. Une nouvelle loi, s'inspirant davantage de l'intérêt général, de l'intérêt de la santé publique, s'impose; il faut que les Pouvoirs publics se persuadent bien que le lait cru malpropre et bacillifère est un danger public.

Est-ce à dire pour cela que l'on soit totalement désarmé ? Non. Il reste le décret du 25 mars 1934, qui, dans son article 2 stipule :

« ART. 2. — Ne peut être considéré comme lait propre à la consommation humaine :

« 1° Le lait provenant d'animaux atteints de maladies dont la nomenclature sera donnée par arrêté du ministre de l'Agriculture pris sur avis du comité consultatif des épizooties.

« 2° Le lait coloré, malpropre, ou malodorant.

« 3° Le lait provenant d'une traite opérée moins de sept jours après le part, et, d'une manière générale, le lait contenant du colostrum.

« 4° Le lait provenant d'animaux mal nourris et manifestement surmenés. »

Grâce à ces dispositions, les maires qui, par l'article 97 de la loi du 5 avril 1884, ont dans leurs attributions la charge d'assurer le contrôle de la salubrité des denrées alimentaires peuvent refuser l'accès du marché, entre autres, à tous les laits malpropres. Exiger du producteur la livraison d'un lait *propre* sera déjà un très gros progrès, et nous savons qu'il existe actuellement des contrôleurs d'impuretés, instruments commodes, pratiques, rapides, qui permettront aux inspecteurs des marchés des villes de refouler tous les laits qui n'au-

ront pas été recueillis avec tous les soins indispensables.

Il y a encore le décret du 3 juin 1929 et l'arrêté ministériel du 2 octobre 1929, qui disposent que, en cas de mélitoccie (fièvre de Malte), le lait ne peut être consommé sur place, vendu, transporté ou utilisé pour la fabrication des fromages ou de tout autre produit (crème, beurre, etc.) qu'après ébullition ou pasteurisation dûment constatée.

Enfin l'article 5 de la loi du 2 juillet 1935 stipule que... ne pourront être vendus crus que :

« 1° Les laits vendus directement au consommateur par le producteur. Les coopératives laitières et les syndicats laitiers se soumettant, ainsi que leurs membres, à un contrôle spécial défini par le Comité départemental du lait, seront assimilés aux producteurs vendant directement aux consommateurs;

« 2° Les laits provenant de plusieurs étables vendus par un ramasseur, à condition que celui-ci collecte moins de 600 litres par jour;

« 3° Les laits vendus, dans leur rayon de ramassage, par les fruitières ou beurreries coopératives, ou leurs mandataires, dont la spéculation habituelle n'est pas la vente du lait en nature.

« Toutefois ces laits devront répondre aux prescriptions des règlements d'administration publique pris en application de la loi du 1^{er} août 1905 et des décrets pris en application de la loi du 7 juillet 1933 sur la tuberculose des bovidés. »

Le décret auquel il est fait allusion est celui du 24 janvier 1934, qui stipule :

« a) Les laits provenant d'animaux tuberculeux, dont la maladie donne lieu à déclaration obligatoire et à déclaration d'infection (tuberculose avancée du poumon, tuberculose de l'intestin, de la mamelle ou de l'utérus), devront être détruits dans tous les cas.

« b) Les laits provenant des animaux atteints des autres formes de tuberculose, ainsi que les laits renfermant des bacilles tuberculeux, ne pourront être utilisés pour l'alimentation de l'homme ou des animaux, soit en nature, soit sous forme de produits dérivés, qu'après chauffage assurant la destruction du bacille tuberculeux. »

L'application des lois et décrets que nous venons de rappeler aboutirait à ce résultat que tout producteur ne pourrait livrer du lait cru à la consommation qu'après s'être muni d'un certificat attestant que les vaches dont provient le lait ne sont pas atteintes de tuberculose, *ne réagissent pas à la tuberculine*.

Etant donné le nombre toujours élevé des vaches qui réagissent à la tuberculine, l'application stricte du décret du 24 janvier 1934 réduirait considérablement la proportion des laits vendus crus.

Les municipalités ont donc en mains des armes leur permettant d'assurer à leurs administrés un lait cru propre provenant d'animaux indemnes de tuberculose. C'est à peu près tout ce que les lois et décrets qui réagissent actuellement la matière permettent d'obtenir. C'est déjà quelque chose, mais il faut avouer que c'est

encore très insuffisant; on n'est pas à l'abri des autres infections qui, trop souvent, ont le lait comme véhicule. Il est néanmoins très désirable que les municipalités tiennent la main à l'application aussi stricte que possible des lois en vigueur; il est bien certain que cela se traduirait par une amélioration énorme de la qualité hygiénique des laits.

Faut-il souhaiter la pasteurisation obligatoire de tous les laits, ou bien doit-on chercher à développer la production des laits officiellement contrôlés destinés à être consommés crus? C'est ce que nous allons étudier dans les lignes qui vont suivre.

Le Lait cru

L'examen de laits livrés directement à la consommation, sans traitement préalable, montre que ces laits sont très fréquemment malpropres, d'une qualité hygiénique médiocre et même trop souvent franchement mauvaise.

N'est-ce pas à cette mauvaise qualité de beaucoup de laits qu'il faut attribuer cette mésestime du lait de commerce, que manifestent beaucoup de médecins pour l'alimentation des malades et surtout des enfants ? Si beaucoup de pédiâtres recommandent, pour l'alimentation des enfants, le lait condensé de préférence au lait frais, n'est-ce pas parce que la qualité de ce dernier laisse trop souvent à désirer ?

Dans un travail publié dans le volume III du Bulletin Trimestriel de l'Organisation d'Hygiène de la Société des Nations, MM. J. PARISOT, P. MELNOTTE et L. FERNIER (1) examinant les laits de Meurthe-et-Moselle, et plus spécialement ceux livrés à Nancy, arrivent à cette conclusion que la proportion des laits acceptables peut varier de 40 à 60 p. 100 en hiver, tandis qu'elle tombe en été au chiffre de 1,7 à 14,2 p. 100 suivant l'épreuve adoptée pour l'appréciation. Ainsi, pendant la saison chaude, de 86 à 98 p. 100 des laits examinés par MM. PARISOT, MELNOTTE et FERNIER,

laits n'ayant subi aucun traitement préalable, sont reconnus impropres à la consommation !

La souillure des laits, dans nos régions, due à des matières étrangères : poils, débris de paille, bouse, etc., est souvent telle, que l'emploi des filtres à ouate (filtres U lax et analogues) devient impossible. La rondelle filtrante est si rapidement colmatée que ce n'est que tout à fait exceptionnellement que nous avons pu faire passer plus de 15 à 20 litres et souvent moins de lait de ramassage sur la même rondelle filtrante.

Cette souillure par des matières étrangères est relativement peu grave, parce que facilement évitable. La fermeture du marché ou des mesures répressives envers les laits par trop souillés auraient sur les producteurs infiniment plus d'effet que les plus belles campagnes de persuasion. Le producteur sait fort bien à quoi s'en tenir, sans toutefois se rendre compte du danger qu'il fait courir à ses clients. Mais rien ne l'incite à modifier ses mauvaises habitudes. Il sait très bien que la question du lait propre se résout en : bétail propre, étables propres, propreté du personnel et des ustensiles.

La campagne de persuasion actuellement entreprise n'aura son plein effet qu'à partir du moment où une sanction économique ou pénale viendra montrer tous les inconvénients de l'inobservance des règles de l'hygiène laitière.

Bien autrement dangereuse est la souillure due à une flore microbienne excessive. Cette flore est composée surtout de microbes saprophytes, mais on y rencontre aussi des microbes pathogènes. Parmi ceux-ci, le colibacille est de beaucoup le plus fréquent, on le

trouve à peu près dans tous les laits et souvent à des taux énormes.

Pour la tuberculose, les renseignements sont très contradictoires. Pour les uns, la présence du bacille tuberculeux est fréquente dans les laits du commerce; pour d'autres au contraire, la présence du B. K. dans le lait serait plutôt rare. Ainsi MARCONE (1900) trouva à Naples 50 p. 100 des laits renfermant des bacilles tuberculeux vrais. BECK (1901), à Berlin, en trouve 30 p. 100. A Londres, MAC FADYEAN en trouve 22 p. 100; Philip MITCHELL 20 p. 100; à Edimbourg, WANG (1915) trouve 20 p. 100 de laits tuberculeux.

Selon Gosio (1912-1914), 8 p. 100 des laits prélevés à Milan renfermaient des bacilles de Koch. WARNERY, à Paris, sur 24 échantillons de laits crus ou *mal pasteurisés*, n'a trouvé que deux échantillons virulents, soit 8,3 p. 100. Enfin à Nancy, MM. PARISOT, MELNOTTE et FERNIER, sur 30 laits examinés, n'ont trouvé qu'une fois des bacilles acido-résistants, soit 3,3 p. 100.

Ces résultats si différents peuvent surprendre à première vue, mais il nous paraît que trop souvent on n'a pas fait de distinction entre laits crus et laits chauffés; en outre, la quantité de lait centrifugés 30 ou 40 cc en général, est beaucoup trop faible; une vitesse de centrifugation de 3 ou 4.000 tours nous paraît d'autre part tout à fait insuffisante.

Il y a lieu de rapprocher des observations de MM. PARISOT, MELNOTTE et FERNIER. Les recherches de M^{me} BOUIN en 1923, qui, dans les laits de mélange *crus* a trouvé de 50 à 77 p. 100 de laits infectants. Ces recherches ont été faites sur les boues de centri-

fuges à grande vitesse. D'ailleurs, antérieurement, M. CHARBONNIER, vétérinaire, directeur des Abattoirs de Nancy, qui avait fait un très grand nombre d'inoculations à la tuberculine, comptait que dans la région nancéienne 50 à 60 p. 100 des animaux réagissaient à la tuberculine.

Cette observation est à rapprocher du fait que presque tous les porcs de laiterie sont tuberculeux. On nous signalait tout récemment qu'un élevage très bien tenu du nord du département nourrissait ses porcs avec du lait écrémé cru livré par les petits laitiers des environs. La mortalité par tuberculose devint tellement importante qu'il fallut aviser. Cette mortalité cessa rapidement à partir du moment où il ne fut plus donné aux élèves que du lait préalablement chauffé.

C'est qu'en effet, ce ne sont pas seulement les vaches atteintes de lésions de la mamelle qui sont susceptibles de donner des laits renfermant des bacilles tuberculeux, de nombreuses expériences ont permis de constater que, même le lait des animaux qui réagissent à la tuberculine et n'ont aucune lésion mammaire *cliniquement décelable*, peut parfois, et d'une façon intermittente, contenir des bacilles tuberculeux. Le lait peut d'ailleurs être contaminé autrement que dans la mamelle, notamment par les poils, les excréments qui normalement souillent le lait. En attendant qu'une enquête suffisamment étendue vienne nous éclairer, nous croyons prudent de nous rallier à l'opinion exprimée par THIEULIN : « On peut dire que les laits de mélange, et surtout de grand mélange (plusieurs centaines d'animaux), contient à peu près toujours, plus

ou moins, des bacilles de Koch. » Il ne faut pas oublier qu'une seule vache infectée dans une étable suffit pour contaminer tout le lait de l'étable, la dilution en rend seulement la mise en évidence plus délicate.

Aussi croyons-nous, paraphrasant une parole célèbre de NOCARD, que lorsque dans un lait *cru de grand mélange*, par les moyens habituels de laboratoire, on n'a pas trouvé de bacilles tuberculeux, il ne faut pas dire qu'il n'y a pas de bacilles tuberculeux, mais simplement qu'on ne les a pas trouvés. L'alimentation continue de porcelets avec un tel lait ne manquerait pas de démontrer l'insuffisance des méthodes employées.

Le décret-loi du 8 août 1935 visant l'assainissement du marché de la viande et du lait, prescrit le retrait du commerce d'animaux tuberculeux, par acquisition directe sur le marché. Cette mesure concernerait environ 150.000 bovins.

Il s'agissait là presque exclusivement de vaches laitières, *cliniquement tuberculeuses*. Ce décret-loi actuellement en voie d'exécution, contribuera certainement pour une grande part à l'assainissement de notre cheptel bovin. Nous tenons cependant à faire remarquer qu'il s'agit ici d'animaux en mauvais état présumés tuberculeux ou cliniquement tuberculeux.

Or, le nombre des vaches laitières en France serait d'environ 8.500.000 (7.400.000 d'après DUCHET, tandis que VIEILLY donne le chiffre de 8.451.000 et DECHAMBRE 8.572.000).

Le chiffre de 150.000 animaux en mauvais état, *présumés tuberculeux*, c'est presque 2 p. 100 de notre cheptel laitier. Dans ce chiffre ne sont pas compris les

animaux en bon ou assez bon état apparent, de sorte que les 150.000 bovins à sacrifier ne représentent qu'une proportion assez faible du nombre des animaux infectés.

Si l'on songe d'autre part que 10 à 50 p. 100 des bovins réagissent à la tuberculine (50 p. 100 dans le sud-est, 40 p. 100 dans les Vosges, etc., COURMONT) et qu'une seule vache, par l'effet du mélange, peut contaminer tout le lait d'une étable, on s'étonne que certains auteurs trouvent une aussi faible proportion de laits tuberculeux. C'est la preuve de la très réelle difficulté qu'il y a de mettre en évidence le bacille de Koch dans les laits. Certaines statistiques donnent le chiffre de 6,2 p. 100 de vaches réagissant à la tuberculine; ce serait trop beau et cela nous laisse sceptique.

L'importance de la tuberculose bovine dans la contagion humaine est appréciée très différemment suivant les pays et suivant les auteurs. Il est bien évident que le danger est surtout grand dans les pays où la consommation du lait cru est la plus répandue.

« Le danger de la tuberculose est tel, dit OSTERTAG, « qu'il est important de le faire ressortir. Il explique « les soins que l'on a pris en Allemagne pour prévenir « la propagation de la maladie, en particulier chez « les enfants, et montre aussi qu'il est devenu l'une « des bases de la réglementation légale du commerce « du lait. Ce fut certainement aussi le cas en Angle- « terre, dont une commission spéciale a attribué 50 « p. 100 des tuberculoses infantiles à des bacilles de « Koch de provenance animale (bovidés) et ce fut

« l'un des arguments pour l'établissement de la loi
« sur le lait. »

En dehors des bacilles tuberculeux et des colibacilles, le lait peut servir de véhicule à d'autres maladies contagieuses, et plus particulièrement à la fièvre typhoïde, à la diphtérie, à la fièvre scarlatine, à la méliococcie, à la fièvre aphteuse, etc.

On doit mentionner d'une façon toute spéciale les agents de la gastro-entérite des enfants; on sait en effet qu'ils sont responsables de la moitié environ de la mortalité des nourrissons, surtout pendant les chaleurs.

Les cas authentiques d'épidémies que l'on peut rapporter à la consommation du lait contaminé sont nombreux. En France, à Clermont-Ferrand, en décembre 1891 et janvier 1892, sur 23 cas de fièvre typhoïde, 18 étaient imputables au lait. MURRAY, au Canada, dit qu'en vingt-sept ans (1906-1933) on n'a pas enregistré moins de 48 épidémies (fièvre typhoïde, paratyphoïde, scarlatine, angine septique), dues à l'ingestion de lait contaminé, etc.

Il nous paraît inutile de multiplier ces exemples, personne ne songe à contester le rôle important que joue le lait cru dans la diffusion des maladies contagieuses.

La conclusion qui s'impose donc est la nécessité d'un contrôle minutieux réellement effectif, de la qualité hygiénique du lait destiné à la consommation humaine, et la sanction de ce contrôle doit être la saisie ou l'interdiction de vente des laits malpropres ou d'une qualité insuffisante au point de vue hygiénique.

La loi du 2 juillet 1935, tendant à l'organisation et à l'assainissement du marché du lait, reste lettre morte dans ses parties essentielles; elle ne vise, d'autre part, que l'assainissement du lait à la production. Or, ce n'est pas dans la mamelle que le lait est surtout contaminé, mais extérieurement à celle-ci, dans les manipulations successives qui s'étendent de la traite à la livraison au consommateur. MM. PARISOT, MELNOTTE et FERNIER l'ont lumineusement démontré.

Bétail sain, étables propres ne suffiraient pas encore à assurer la livraison d'un lait pur et sain tant que subsisteront les mauvaises méthodes de distribution des laits sur les trottoirs et les multiples transvasements qui en sont la conséquence.

Les dangers de contamination des laits postérieurement à la traite, montrent que la production d'un lait sain ne doit pas se limiter au « premier temps » de la production. Obtenir un lait propre fourni par des animaux sains est un point de départ essentiel, indispensable et il nous paraît que la pasteurisation ne doit servir qu'à donner à un tel lait un surcroît de garantie, une garantie supplémentaire.

Tout en considérant la pasteurisation obligatoire pour le lait de consommation comme tout à fait souhaitable, on est bien forcé de convenir que, dans de nombreux cas, elle est inapplicable. Peut-on exiger, en effet, d'un petit cultivateur qui possède deux ou trois vaches et qui vend son lait à quelques voisins, qu'il pasteurise son lait avant de le livrer à ses clients? Peut-on pour 10 ou 15 litres de lait exiger l'installation d'un pasteurisateur? Evidemment non. D'ailleurs les consom-

mateurs viennent chercher leur lait encore chaud, la traite à peine terminée.

Le fait que ces laits sont, en général, consommés très peu de temps après la traite et vont directement du producteur au consommateur sans manipulations intermédiaires, diminue les causes de contamination et rend ces laits bactériologiquement bien moins souillés que les laits de ramassage.

C'est par l'éducation surtout qu'on peut espérer obtenir une amélioration du lait de ces petits producteurs, éducation persuasive *qui devrait s'accompagner du contrôle de l'état sanitaire du bétail*, conformément aux lois du 7 juillet 1933 et 3 juillet 1935.

La situation est tout autre lorsqu'il s'agit de laits de ramassage, le mélange des laits augmente encore dans les laiteries le pourcentage des laits infectieux livrés à la consommation, la limite de 600 litres fixés devrait, selon nous, être très sensiblement abaissée pour être dispensés de l'obligation de la pasteurisation, et mieux encore, tous les laits de ramassage devraient obligatoirement être pasteurisés.

Nous en arrivons donc toujours à cette conclusion qu'un seul procédé permet de distribuer un lait réellement sain, la pasteurisation, mais à condition que la méthode soit correctement appliquée, cela va sans dire, et nous verrons par la suite qu'il n'en est pas toujours ainsi.

La médiocrité des résultats obtenus avec les premiers pasteurisateurs ont motivé une opposition irréductible de beaucoup d'hygiénistes et de pédiâtres. Ces derniers, en présence des résultats qu'ils obtenaient dans

l'alimentation infantile, rejetaient les laits chauffés et réclamaient du lait cru, mais du lait cru de bonne qualité, hygiénique.

La découverte des vitamines, de l'importance des enzymes, n'ont fait que renforcer les rangs des réfractaires à la pasteurisation, le lait pasteurisé, disaient-ils est moins assimilable, moins nutritif que le lait cru, ce n'est plus qu'un cadavre de lait.

Nous discuterons ces différents points plus loin, mais nous dirons tout de suite que les procédés modernes de pasteurisation, voire même de stérilisation, ont complètement changé la face du problème, et que les mauvais résultats obtenus, avec les premiers pasteurisateurs ont eu tout au moins le mérite de nous faire adopter une méthode d'étude des résultats de la pasteurisation. Aussi maintenant, tous ceux qui s'occupent de la pasteurisation sont-ils unanimes à reconnaître la nécessité d'un contrôle minutieux des différents temps de l'opération.

La Question du Lait cru hygiénique

Malgré tout, nombreux sont encore ceux qui ont le culte du lait cru. « La stérilisation, dit ROÉLAND, — « et la pasteurisation n'est qu'une stérilisation imparfaite, — la stérilisation appliquée à un produit vivant, destiné à des êtres vivants, est une absurdité. « L'alimentation doit contenir des cellules vivantes, « non des germes morts; or, que nous donne-t-on sous « forme de lait pasteurisé? Des cadavres en bouteille. « Nous n'en voulons pas. Nous voulons un aliment « propre, vivant, nutritif. Le lait pasteurisé n'est ni « propre, ni vivant, ni nutritif. Il n'est pas nutritif en « ce sens qu'une partie, la plus importante peut-être « des principes vitaux du lait, a été détruite par la « pasteurisation, en même temps, je le veux bien, « qu'un certain nombre de microbes pathogènes. Je « n'apprendrai rien à personne en rappelant que les « phosphates de chaux, notamment, sont gravement « altérés par la pasteurisation. Or, combien d'enfants, « aujourd'hui, sont rachitiques? A quoi est dû ce rachitisme, presque ignoré il y a trente ans? A cette « lamentable méthode préconisant d'alimenter les « enfants avec un lait décomposé par la chaleur. »

Mais ceux qui veulent du lait cru et ne veulent que du lait cru, se rendent-ils véritablement compte de

la grande, très grande difficulté qu'il y a à produire un lait véritablement sain, hygiénique, ne contenant aucun germe pathogène ?

La circulaire ministérielle du 15 novembre 1927, confirmée par la loi du 2 juillet 1935, autorise à vendre, à l'état cru ou après pasteurisation, sous la dénomination de « *lait provenant d'étables officiellement contrôlées* » les laits provenant d'étables soumises, après déclaration, à un contrôle officiel vétérinaire et médical.

Eh bien, sur 42 millions d'hectolitres, moyenne annuelle de la quantité de lait consommé en nature, 40.000 hectolitres *au maximum* présentent des garanties hygiéniques certaines, par suite de la surveillance médicale et vétérinaire, des animaux et du personnel (1).

Une infime minorité de producteurs a accepté de se soumettre au contrôle (Aucun en Meurthe-et-Moselle). Aussi peut-on dire avec THIEULIN que le contrôle officiel facultatif a fait faillite. Jusqu'ici tout au moins.

Une campagne est actuellement entreprise pour améliorer les conditions de la production d'un lait propre et sain. C'est surtout au producteur lui-même que cette campagne de persuasion doit s'adresser, mais il ne faut pas oublier les autres causes de contamination du lait postérieurement à la traite. Aussi ne faut-il pas se dissimuler ni les difficultés ni les longueurs d'une pareille croisade.

Tant que nous n'aurons pas un bétail sain, des éta-

(1) G. THIEULIN.

bles propres, bien éclairées, bien aérées, un personnel parfaitement éduqué, soigneux, propre, la production d'un lait cru et sain restera dans le domaine des utopies.

Les frais très élevés que nécessiteraient la construction de nouvelles étables hygiéniquement conçues, le manque de place, arrêteront bien longtemps encore la majorité des producteurs. Obligés d'augmenter le prix de leur lait, ils sont bien persuadés d'autre part qu'ils ne seraient ni compris ni soutenus par la masse des consommateurs qui se rejetteraient sur les laits bon marché.

— Ne retenir pour la production du lait de consommation que les animaux parfaitement sains, est-ce possible ? Voici ce qu'en dit le professeur Ch. PORCHER : « Chez la vache, en raison des circonstances déplorables dans lesquelles elle est entretenue et traitée, il n'est pas exagéré de dire que la *mamelle saine est l'exception* et la mamelle infectée, la règle, mais il y a de nombreux degrés dans l'attaque de la glande et entre l'*infection tapageuse*, aiguë et suraiguë se caractérisant par du gonflement de la glande, de la chaleur locale, quelquefois de la fièvre et par des altérations objectives du lait (changement de teinte, plus grande viscosité, grumeaux, etc.) et l'*infection latente*, il y a bien des degrés...

« L'infection tapageuse aiguë ou subaiguë est toujours facile à déceler. Elle se résout en général très bien et assez vite ; mais le plus souvent, on peut dire que la guérison n'est qu'apparente, car une fois qu'un microbe spécifique s'est installé dans la glande mam-

maire, on l'en déloge difficilement et alors qu'on croit qu'il n'est plus là, parce que la glande a recouvré sa souplesse, que le lait est apparemment normal, les divers moyens que le laboratoire met à notre disposition permettent d'en assurer la présence (1). »

Nous pourrions multiplier les citations du genre de celle que nous venons d'emprunter à une publication de Ch. PORCHER.

Ce que nous voulons retenir d'essentiel, c'est que l'infection de la mamelle est parfois insidieuse et peut, dans bien des cas, échapper au contrôle vétérinaire le plus averti. Assurément, le contrôle du laboratoire permettra dans beaucoup de cas de découvrir des lésions non cliniquement décelables, mais alors, quand arrivera la réponse du laboratoire, le lait reconnu suspect sera depuis longtemps consommé.

Le contrôle si souhaitable du lait à la production, tout en présentant une amélioration considérable, énorme, sur l'état de chose actuel et général, ne nous paraît pas néanmoins susceptible de donner à lui seul une sécurité *absolue*.

Dans les conditions actuelles, tout au moins, dit THIEULIN, le lait cru offrant TOUTES GARANTIES ne peut être qu'un lait exceptionnel, véritable produit de luxe, étant donné son prix de vente élevé, dû aux frais considérables qu'entraîne sa production.

CHICOTE (César) est très fortement *sceptique* vis-à-vis du lait garanti, certifié ou aseptique, et la plupart

(1) PORCHER, in Traité de Physiologie normale et pathologique, t. XI, p. 379.

des autorités laitières de l'actualité ont la même opinion, aussi CHICOTE insiste-t-il sur la nécessité de la pasteurisation obligatoire. BAUDE (1934) dit : « Tant que la peau de la mamelle ne sera pas aseptique, tant que l'étable ne sera pas un laboratoire, tant que le trayeur ne sera pas un bactériologue, il faudra renoncer au lait cru aseptique. » A l'appui de cette manière de voir, que certains pourront trouver excessive, nous citerons la teneur bactérienne élevée des laits dits hygiéniques, observés par NÉVOT et les nombreuses observations d'épidémies dues à un lait certifié ou à un lait hygiénique.

La production d'un lait pur et sain confère-t-elle à ce produit une valeur alimentaire et diététique supérieure à celle d'un bon lait pasteurisé correctement ? Il semble bien qu'on peut maintenant répondre par la négative. FRANCK (L.-F.), CLARK (F.-A.), HASKELL (W.-H.), MILLER (M.), MOSS (F.-J.) et THOMAS (R.-C.) trouvent, au point de vue du développement, une légère différence en faveur du lait chauffé. Les statistiques montrent en outre la plus grande fréquence de la diphtérie et de la fièvre scarlatine, de troubles intestinaux chez les enfants alimentés au lait cru. KRAUSS et WASHBURN, expérimentant sur des rats, trouvent que lait cru et lait pasteurisé possèdent une valeur égale au point de vue régénérateur du sang, de la croissance, de la calcification. TRIA (E.) et ZUMMA (C.) trouvent que le chauffage du lait n'entraîne pas de modification sensible de la valeur nutritive du lait, OKADA et SANO, par contre, trouvent le lait cuit moins nutritif que le lait cru. Pour ELVETZEM (C.-A.), HART (E.-B.),

JACKSON (H.-C.) et WECKEL (K.-G.), les expériences d'alimentation faites avec des rats indiquent que la pasteurisation n'a qu'une influence insignifiante sur la valeur nutritive du lait de bonne qualité, mais peut encore diminuer davantage la valeur nutritive du lait de qualité médiocre.

Quant à la question des vitamines, qu'on accusait la pasteurisation de détruire, on sait maintenant que seule la vitamine antiscorbutique C est touchée par la pasteurisation, mais pas complètement détruite, l'action de la chaleur est d'ailleurs très réduite dans les procédés modernes, qui opèrent le chauffage à l'abri de l'air. Toutes les vitamines, en l'absence d'oxygène, résistent aux températures de stérilisation, *a fortiori* à celles beaucoup moins élevées employées pour la pasteurisation (PIEN).

Nous ne voulons pas multiplier les citations permettant de conclure à ce fait nettement établi maintenant que le lait pasteurisé selon les procédés modernes ne donne pas, au point de vue de la croissance des enfants, des résultats sensiblement inférieurs à ceux du lait cru. Par contre, l'emploi du lait bien pasteurisé évite la plupart des accidents si fréquents dans la première enfance et notamment la gastro-entérite à laquelle les nourrissons alimentés au lait cru paient un si lourd tribut.

La meilleure démonstration qu'on puisse donner des avantages de la pasteurisation, c'est dans l'étude des résultats obtenus dans les villes où la pasteurisation a été rendue obligatoire qu'il faut la chercher.

L'exemple de Strasbourg est à cet égard des plus

démonstratif (1). La pasteurisation a été rendue en fait obligatoire à Strasbourg depuis 1915. Le pourcentage des décès sur 100 enfants nés vivants, qui était de 24,5 en 1900, 13,1 en 1914, 10,3 en 1916, est tombé à 4,81 en 1933.

Le taux de la mortalité infantile, qui était beaucoup plus élevé pendant la saison chaude avant l'obligation de la pasteurisation, après l'institution de la pasteurisation, tout en étant moins élevé toute l'année, a été ramené pendant les mois chauds au même taux que les mois d'hiver. Ces résultats se passent de commentaires.

Nous en arrivons donc à cette conclusion que tout lait destiné à l'alimentation humaine devrait être obligatoirement pasteurisé. Même les laits officiellement contrôlés, de façon à donner à ceux-ci un surcroît de garantie. Les observations de NÉVOT sur les laits dits hygiéniques démontrent la nécessité de ce surcroît de garantie.

Malheureusement, une mesure aussi radicale soulèverait actuellement des difficultés considérables et devrait être précédée de toute une réorganisation du marché du lait. Il faudrait commencer par rendre la pasteurisation obligatoire pour le lait fourni dans les grands centres, laits de ramassage qui, par les manipulations qu'ils ont dû subir et surtout par le temps qui s'écoule entre la traite et la consommation, sont fatalement plus pollués que les laits consommés sur place peu de temps après la mulsion.

(1) TAPERNOUX, Le Lait 1935, p. 491 et suiv.

Quoi qu'il en soit, il faut toujours avoir présent à l'esprit que c'est le lait cru qui est responsable de plus de 50 p. 100 de la mortalité infantile. C'est le lait cru ou *mal bouilli* qu'il faut incriminer lors de la recrudescence de gastro-entérite estivale et on n'arrive pas à s'expliquer l'indifférence des Pouvoirs publics envers le lait cru, le lait *assassin*.

La Pasteurisation

Etude critique des différents procédés de Pasteurisation industrielle

Le but primitif de la pasteurisation était d'assurer la conservation du lait pendant un temps suffisant pour permettre au laitier de le livrer en bon état de conservation au consommateur.

Le gros reproche que l'on faisait au début à la pasteurisation était de communiquer au lait un goût de cuit plus ou moins prononcé, que les consommateurs n'acceptaient que difficilement. Ce fut à l'origine un des plus gros griefs que l'on adressait aux laits chauffés et la cause certaine de la lenteur avec laquelle ce procédé entra dans la pratique courante.

Un autre reproche était également adressé au lait pasteurisé. Ces laits, disait-on, sont plats, ont perdu le bon goût de lait frais qu'aiment les consommateurs. Ce bon goût, ce goût de « *vache* », si apprécié, est tout simplement celui que confère aux laits souillés — et ils le sont tous — les matières excrémentielles, la bouse de vache, qu'une filtration soigneuse met constamment en évidence dans les laits ordinaires du commerce. Un lait très propre, recueilli très proprement,

n'a pas ce goût de vache, et pour le lui communiquer il suffit d'y délayer un peu de bouse de vache! Voilà l'origine du « *bouquet* » tant prisé des meilleurs « *connaisseurs* » !

Le lait pasteurisé présente parfois une saveur anormale, dite métallique ou suiffeuse, goût fade, goût de moisi, etc.

La recherche des moyens propres à éviter ces saveurs anormales du lait constitue un des problèmes les plus importants du commerce du lait en nature. Avec les appareils et procédés modernes, on est arrivé à supprimer à peu près complètement le goût de cuit.

Quant à la saveur suiffeuse, nous ne pouvons ici en étudier ni les causes ni les remèdes, renvoyant sur ce fait le lecteur aux articles publiés sur ce sujet, notamment celui de PIEN et HERSCHDOERFER (*Le Lait*, 1935, numéros 141, 142 et 143).

Le but actuel, principal, de la pasteurisation, c'est la destruction totale de sa flore pathogène, et la presque totalité de sa flore banale, ceci pour assurer la conservation du produit jusqu'au moment de la livraison au consommateur.

Les industriels laitiers demandent en outre à la pasteurisation de nuire le moins possible à la montée de la crème, ceci dans un but commercial. Le consommateur pense que l'épaisseur de la couche de crème est proportionnelle à la richesse du lait. Les Américains surtout nous paraissent avoir attaché à la « *ligne de crème* » une importance excessive, à tel point que pour conserver cette « *ligne de crème* », ils ont réduit, peut-être trop, la marge de sécurité. Il nous semble que

l'objet principal de la pasteurisation doit être l'hygiénisation du lait, toutes les autres considérations doivent lui céder le pas.

On demande ensuite à la pasteurisation de modifier le moins possible la coagulabilité du lait par la présure.

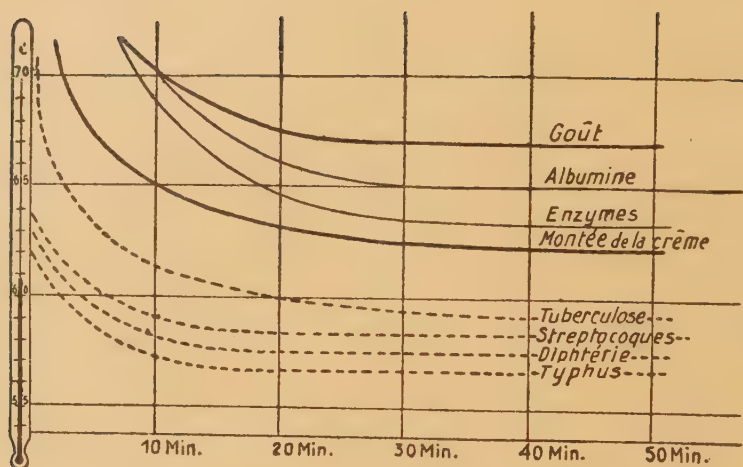
Cette condition nous paraît avoir plus d'importance que la montée de la crème, car elle traduit une modification plus ou moins profonde dans l'équilibre biochimique du lait. La caséification du lait par la présure est le premier acte de la digestion gastrique, une diminution sensible de la coagulabilité doit fatalement retentir sur la digestibilité.

Ces considérations limitent donc singulièrement la marge des variations temps et température que nous pouvons explorer pour la pasteurisation des laits de consommation.

Les conditions sont tout à fait différentes s'il s'agit de pasteuriser en vue d'opérations industrielles, beurrierie, fromagerie. Dans ces cas, un mode opératoire « *omnibus* » nous paraît illogique, et il est bien certain que l'étude approfondie de chaque cas particulier nous enseignera la technique optima et les appareils les plus adéquats pour y parvenir.

Ces réserves faites, nous croyons utile de donner ici un tableau graphique résumant l'action des deux facteurs temps et température sur les divers éléments du lait en même temps que sur les microbes pathogènes que la pasteurisation doit détruire.

(Voir page suivante)



Action de la chaleur sur les éléments du lait

Dans ce diagramme, on voit l'action de la température sur les principales bactéries pathogènes et ce en fonction du temps. On peut de même se rendre compte des deux facteurs temps et température sur les principaux constituants du lait, sur la montée de la crème, sur le goût, sur les enzymes.

L'examen attentif de ce graphique, dû au docteur Charles E. NORTH, montre qu'entre les deux systèmes de pasteurisation dont nous allons avoir à nous occuper, la pasteurisation basse, prolongée pendant

30 minutes, et la pasteurisation haute et de très courte durée, il y a place pour toute une série de combinaisons intermédiaires dont les avantages et inconvénients sont encore à étudier d'une façon précise.

Mais il ne faut pas négliger un facteur important, la nature de l'appareil employé. Chaque appareil, en effet, fonctionne avec son tempérament propre, si du moins on nous permet cette expression, et ce tempérament varie non seulement avec la forme de l'appareil, le mode de chauffage, mais encore la nature du métal qui a servi à la construction.

On a pu mettre en évidence, par exemple, que le cuivre, même étamé, joue un rôle important dans le suiffage des laits, dans certains appareils construits cependant en cuivre étamé, le suiffage semble une rarissime exception, etc.

L'épaisseur de la couche de lait en contact avec la surface chauffante a une importance considérable. On sait que, dans un appareil donné, il faut élever la température du chauffage proportionnellement à l'augmentation de l'épaisseur de la couche de lait en contact avec l'élément thermique. Il semble y avoir également une relation entre la minceur de la couche de lait et la saveur métallique ou suiffeuse du lait pasteurisé.

Par conséquent, les observations faites avec un appareil ne sont pas fatalement rigoureusement transposables à un appareil de construction différente. Aussi estimons-nous que chaque type d'appareil doit être rigoureusement expérimenté. Ce n'est qu'à cette con-

dition que pourront être fixées les conditions optima de son utilisation.

On peut prendre comme modèle du genre les nombreuses et rigoureuses études faites sur toute une série d'appareils américains (Voir par exemple YALE, *Le Lait*, 1935, numéros 145, 146, 147).

Quelque parfaits que soient les appareils utilisés et les soins apportés à leur mise en œuvre, la pasteurisation ne pourra rendre à un lait des qualités qu'il aura perdues, par conséquent tout lait altéré, souillé, doit être éliminé. « La pasteurisation doit constituer une « ultime garantie » et non pas être un mauvais palliatif vis-à-vis d'une production hygiénique défectueuse. » (THIEULIN, 1936, p. 352.

La pasteurisation comprend différents temps qui forment un tout inséparable, mais qui néanmoins doivent être dissociés pour l'étude des conditions optima de réalisation de ces différents temps.

Les différents temps de la pasteurisation comprennent, et ceci quel que soit le mode de pasteurisation adopté :

- 1° Filtration du lait;
- 2° Préchauffage (récupération);
- 3° Chauffage (pasteurisation proprement dite);
- 4° Chambrage;
- 5° Réfrigération.

Nous allons passer rapidement en revue ces différents temps.

1° FILTRATION DU LAIT

La filtration du lait devrait se faire au lieu de production, à la ferme, immédiatement après la traite.

Mais il est rare qu'une telle opération puisse être faite dans de bonnes conditions à la ferme, et même si elle est faite avec soin, il n'empêche que pour éliminer les souillures accidentelles qui ont pu se produire entre la traite et le moment où le lait arrive au poste de pasteurisation, on est obligé de filtrer à nouveau le lait *avant* toute opération de chauffage.

Nous ne saurions trop condamner en effet les installations où le lait est filtré après le préchauffage de récupération.

Le lait arrive généralement à l'usine avec une toujours trop importante quantité d'impuretés constituées en majeure partie par des matières excrémentitielles; il nous paraît véritablement abusif d'aggraver cette macération à froid d'une macération à chaud, et nous estimons que les règlements sur l'hygiène du lait que nous attendons toujours, devraient interdire une aussi déplorable pratique.

Actuellement, deux systèmes de filtration se partagent la faveur des industriels laitiers : 1° la filtration sur flanelle de coton; 2° la filtration centrifuge, ou mieux l'épuration centrifuge.

Nombreux sont les appareils proposés pour la filtration sur flanelle ou sur toile de coton, et il semble qu'actuellement ce sont ces filtres qui prennent une place prépondérante.

La filtration centrifuge retient plus de matières étrangères que ne le fait le filtre; on lui reproche de trop battre le lait, de produire beaucoup de mousse, etc. Ces inconvénients existent bien moins avec les épurateurs centrifuges sans mousse. Une étude approfondie de ces nouveaux appareils nous paraîtrait intéressante et susceptible de leur rendre la place qu'ils occupaient.

M. GIROUX, dans un rapport présenté au 17^e Congrès de la Société d'encouragement à l'industrie laitière, a attiré l'attention des congressistes sur les qualités un peu trop oubliées de la filtration centrifuge. Il a montré que par ce procédé l'épuration du lait était plus complète que par la filtration sur toile, et qu'avec le système hermétique, il n'y avait pas production de mousse.

On a constaté souvent que le nombre de colonies observées sur plaque était plus considérable après passage dans l'épurateur centrifuge qu'avant.

Cette augmentation est plus *apparente* que *réelle*, elle est le résultat de la dissociation des amas microbiens existant dans le lait initial. Il est même permis de se demander si ces dissociations ne favorisent pas l'action de la pasteurisation.

Quoiqu'il en soit, une étude précise et approfondie de la filtration du lait mériterait d'être reprise.

En comparant filtration proprement dite et épuration centrifuge, on compare deux opérations bien différentes et nullement comparables. En effet, la filtration sur sable ou sur flanelle retient les particules les plus volumineuses; c'est donc une véritable sélection qui s'opère sur le volume; tandis que dans l'épuration centrifuge, c'est une sélection d'après la densité, seules les particules ayant une densité supérieure à celle du lait se retrouveront dans les boues qui tapissent l'intérieur du bol.

2° PRÉCHAUFFAGE

RÉCUPÉRATEUR OU ÉCHANGEUR DE TEMPÉRATURE.

Le lait filtré arrive dans le récupérateur où il subit un « préchauffage ». Dans cet appareil circulent à *contre courant* le lait froid venant du filtre et le lait chaud sortant du pasteurisateur ou du chambreur quand il en existe un. Le résultat est une économie à la fois de calories et de frigories puisque le lait froid s'échauffe aux dépens du lait chaud qui se refroidit. Nous estimons qu'il y a lieu de renoncer aux échangeurs de température à ruissellement si employés autrefois. Deux types d'échangeurs sont surtout employés, les appareils à plaques, les appareils tubulaires. Les appareils de ces deux types étant les mêmes que ceux employés pour la pasteurisation (3° temps),

nous les étudierons brièvement avec les procédés modernes de pasteurisation.

Dans les échangeurs de température, on pourrait craindre, qu'à la faveur d'une fuite, d'un joint fissuré, il puisse y avoir introduction d'une petite quantité de lait froid dans le lait qui vient d'être pasteurisé. Le fait a été constaté et dans certains appareils une ingénieuse disposition empêche la recontamination du lait chauffé par le lait cru. Il consiste à faire passer le lait cru, le lait froid qui entre dans le récupérateur, à une pression inférieure à celle du lait pasteurisé qui circule à contre-courant. Si par hasard une fissure se produit, c'est du lait pasteurisé qui passe dans le lait froid, l'inverse, par suite des différences de pression, ne peut pas se produire. Comme ce lait froid va lui-même passer dans le pasteurisateur, cela ne peut avoir aucune influence fâcheuse sur le résultat de la pasteurisation.

3° PASTEURISATION PROPREMENT DITE

C'est le temps capital de l'opération. Ainsi que nous l'avons montré, le lait est excessivement délicat, et les conditions à réaliser pour assainir le lait et lui conserver tout à la fois ses propriétés biochimiques sont souvent contradictoires.

Dès lors, il ne faut pas s'étonner si les méthodes préconisées ont évolué relativement lentement.

Avant d'aborder l'étude des appareils modernes de pasteurisation, il nous paraît utile d'étudier les anciens systèmes afin d'en signaler les imperfections qui nous guideront dans l'appréciation des appareils modernes.

On fait habituellement une classification entre les différents systèmes de pasteurisation en distinguant :

- a) La pasteurisation haute;
- b) La pasteurisation basse;
- c) La pasteurisation instantanée.

LA PASTEURISATION HAUTE, la première en date, s'effectuait à l'air libre dans un appareil appelé pasteurisateur danois, dont il existe un nombre considérable de modèles, tous copiés sur l'ancien pasteurisateur Fiord, plus ou moins modifié.

Le lait filtré et déjà chauffé par son passage sur le récupérateur, est porté dans ces appareils à une température de 80 à 85° pendant un temps théorique de 1 à 3 minutes. Au sortir de l'appareil, le lait passe sur un échangeur de température, principe préconisé pour la première fois par HIGNETTE. De l'échangeur-récupérateur, le lait passe sur un réfrigérant simple ou à deux eaux, presque toujours à l'air libre.

Dans son passage dans le pasteurisateur, le lait est agité par un agitateur rotatif et est en contact direct avec la paroi chauffée par la vapeur vive.

Les reproches faits à ce mode de pasteurisateur sont nombreux.

1° Le chauffage au large contact avec l'air aggravé d'une agitation énergique favorise le dégagement de CO_2 ;

2° Le chauffage par vapeur directe, le plus usité, expose à la surchauffe, d'où gratinage et goût de cuit accentué;

3° La température élevée associée aux phénomènes d'oxydation, conséquence du chauffage à l'air libre, provoque la destruction des enzymes et d'une partie des vitamines;

4° Par suite de l'agitation énergique, il se produit sur le lait une mousse abondante à l'abri de laquelle des microbes restent indemnes;

5° Enfin le chauffage du lait est irrégulier et aucun système du genre danois n'a pu éviter que certaines parties du lait prennent un *raccourci* et ne subissent qu'un chauffage insuffisant et en fait « il n'est point de lait travaillé par la pasteurisation haute qui ne renferme des coli-bacilles souvent en proportions considérables » (PORCHER).

Les critiques que nous venons de résumer condamnent non le principe de la pasteurisation haute, mais uniquement le type d'appareils le plus souvent usités pour la mise en œuvre de ce procédé. Nous verrons d'ailleurs en passant en revue certains types d'appareils dits pasteurisateurs instantanés, que le mode opératoire préconisé constitue tout simplement une pasteurisation haute dont on a éliminé les principaux défauts que nous venons de signaler.

Pour éliminer tous les griefs ci-dessus énumérés, il faut de toute évidence renoncer aux appareils *ouverts* genre danois, supprimer les agitateurs qui provoquent la mousse, le chauffage par la vapeur vive, qui occasionne le gratinage, et adopter un dispositif efficace qui assure un chauffage régulier de toutes les particules du lait traité.

On a cru pallier à un certain nombre des inconvénients constatés en intercalant, après le passage dans le pasteurisateur un chambreur, afin d'éviter que certaines parties du lait puissent échapper à l'action de la chaleur.

La durée du chambrage varie suivant la température de pasteurisation adoptée. Ainsi les services de santé de New-York (1912) fixaient officiellement les conditions thermiques de la pasteurisation à :

3 minutes à 70° (158° Farenheit) ;				
5	—	68°4	(155°	—
10	—	66°3	(152°	—
15	—	64°5	(148°	—
18	—	62°8	(145°	—

Ainsi, au fur et à mesure qu'on abaisse la température de chauffage, on doit prolonger la durée de ce chauffage. Pour se mieux rendre compte de la liaison qui doit exister entre les deux facteurs température et durée du chauffage, nous ne pouvons que renvoyer le lecteur au graphique de la page 36. Ce graphique, mieux qu'une longue explication, montre les rapports qui doivent exister entre les facteurs temps et température, pour réaliser une bonne pasteurisation.

PASTEURISATION BASSE, dite encore lente ou prolongée.

D'après BULHAROWSKI, dès 1899, les frères PFUND, dans leur laiterie de Dresde, ont pratiqué un système de pasteurisation à basse température et de longue durée, mais sans appareil adéquat. Mais ce n'est qu'en 1905 qu'Orla JENSEN, dans l'Annuaire Agricole de la Suisse, a recommandé la pasteurisation à 63° C. pendant 30 minutes. C'est à peu près à la même époque que M. MAZÉ, de l'Institut Pasteur, d'une part, et MM. ARTHAUD-BERTHET et PERRIER d'autre part, ont réalisé des pasteurisateurs *tubulaires* continus destinés à chauffer le lait à 65° C. pendant un temps suffisamment long. Le chauffage était assuré par les vapeurs d'alcool méthylique, dont l'ébullition sous la pression atmosphérique se fait à 66° C. Il ne pouvait y avoir dans ces conditions ni surchauffe, ni gratinage.

Le principe de la pasteurisation basse a fait l'objet d'un nombre très considérable de travaux à la suite desquels on a, d'une manière très générale, adopté les normes : température de chauffage, 63° C., durée du chauffage, 30 minutes.

En se reportant au graphique, on remarquera que la température et la durée du chauffage adoptés laissent une marge de sécurité très suffisante.

Nous n'avons pas à étudier ici les très nombreux dispositifs proposés pour permettre le maintien du lait à la température de pasteurisation; qu'il nous suffise de dire que ce procédé a joui et jouit encore, dans beaucoup de pays, d'une grande vogue. C'est ce sys-

tème qui est encore le plus répandu aux Etats-Unis. En Angleterre, depuis 1922, le terme *pasteurisé* ne peut s'appliquer qu'au lait traité par pasteurisation basse.

Le chauffage du lait, dans la pasteurisation basse, a été effectué pendant longtemps à l'aide de pasteurisateurs ouverts genre Danois, chauffés directement par la vapeur vive. Aussi nous retrouvons-nous en présence de certains défauts que nous avons signalés à propos de la pasteurisation haute : perte d'acide carbonique, surchauffe, d'où goût de cuit, mais très atténué; les enzymes et les vitamines (la vitamine C) sont altérées, mais à un degré bien moindre que par la pasteurisation haute.

Le séjour du lait dans les chambreurs égalise la température des diverses parties du lait, les microbes ne sont plus protégés par la mousse formée. Correctement appliquée, la pasteurisation basse assure la destruction des microbes pathogènes.

Par contre, aux températures de la pasteurisation basse, les bactéries thermophiles peuvent se multiplier, parfois très abondamment.

En fait, le lait de pasteurisation basse renferme généralement peu de bactéries thermophiles, d'ailleurs inoffensives; il conserve en grande partie ses caractères de lait cru, la montée de la crème est peu modifiée.

Les inconvénients signalés plus haut s'adressent surtout au chauffage à l'air libre et au battage qui doivent faire rejeter d'une bonne technique les appareils du type dit danois.

Avec les appareils à plaques ou tubulaires, dont nous allons nous occuper, presque tous les inconvénients signalés disparaissent, et leur emploi en pasteurisation basse nous paraît devoir se substituer aux anciens appareils.

PASTEURISATION INSTANTANÉE. — Le principe de la pasteurisation instantanée repose sur l'emploi d'une température élevée, appliquée pendant un temps très court. Il faut donc porter très rapidement le lait à la température choisie pour la pasteurisation. Pour y arriver, le docteur STASSANO a proposé de chauffer le lait en couche mince; il limitait au début l'épaisseur de la couche à 1 mm.

Le procédé de la couche mince, dont STASSANO a été le plus actif propagandiste, avait été déjà proposé par d'autres constructeurs ou inventeurs, parmi lesquels il est juste de citer HIGNETTE, COLLET, LEFELDT, MALVEZIN, etc. Mais c'est aux travaux du docteur STASSANO surtout qu'on doit d'avoir mis en lumière tous les avantages du chauffage en couche mince et en espace clos.

L'appareil réalisé par STASSANO traite le lait en couche mince d'environ 1^{mm}5 d'épaisseur, comprise entre deux tubes concentriques. Dans les tubes extérieurs et intérieurs, c'est-à-dire des deux côtés de la lame de lait circule de l'eau chaude qui est ici l'agent thermique. La température préconisée est de 75° C. et la durée du chauffage réduite à 14 ou 15 secondes.

(1) Le Lait, n° 121-122, Janvier-Février 1933. Numéro consacré entièrement à la Pasteurisation.

Pour STASSANO, comme pour PORCHER, couche mince chauffée sur ses deux faces constituent les caractères indispensables du procédé.

Les expériences faites à Hillerod (Danemark), à Kiel et à la station laitière de Wechenstephan, près de Munich, avec différents appareils, ne paraissent pas confirmer cette manière de voir. Il en est de même des observations faites par les expérimentateurs américains.

Quoi qu'il en soit, un nombre considérable d'appareils ont été créés en vue de la pasteurisation du lait en espace clos par chauffage à température élevée de courte durée.

Il faut bien reconnaître que, surtout au début de l'introduction de cette méthode en industrie laitière, il a été lancé sur le marché quelques appareils insuffisamment mis au point et qui ont donné lieu à de graves mécomptes. Encore maintenant, dans certains pays, la pasteurisation basse, de longue durée, est seule admise. Les Américains, qui avaient abandonné la méthode de pasteurisation instantanée, y sont revenus, mais après une étude approfondie. C'est à la demande du Comité des méthodes de Laboratoire de l'Association Internationale des Négociants en Lait que M. W. YALE a rédigé un article extrêmement important sur cette question. Dans cet article, YALE étudie quelques appareils américains et compare les résultats obtenus par la pasteurisation lente à ceux obtenus par la pasteurisation instantanée.

(1) YALE, 1935.

De l'ensemble des résultats obtenus par les différents expérimentateurs, il résulte que, au sujet de la montée de la crème, il n'y a pas de réduction appréciable du volume de crème obtenue, quand les pasteurisateurs fonctionnent bien et qu'on ne dépasse pas la température de 71°C pendant 20 secondes.

Les études effectuées sur d'anciens modèles de pasteurisateurs rapides à température élevée et sur d'anciens modèles de pasteurisateurs lents de 30 minutes, il ressort que les deux modèles laissaient quelquefois passer des organismes pathogènes quand du lait fortementensemencé était traité.

Les études complètes effectuées aux Etats-Unis par des expérimentateurs compétents sur des modèles modernes améliorés de pasteurisateurs rapides à température élevée et de pasteurisateurs lents de 30 minutes, indiquent que les deux méthodes sont efficaces pour la fourniture d'un lait sain.

Quelques remarques s'imposent à la suite de ces conclusions de M. W. YALE, à savoir qu'il s'agit ici de température ne dépassant pas 71°C , ceci afin de sauvegarder la ligne de crème si chère aux Américains. Cette question a chez nous beaucoup moins d'importance et nombreux sont les techniciens qui, avec STASSANO, préconisent une température nettement plus élevée; ce dernier préconise 75° pendant 14 à 15 secondes.

Lorsqu'on songe qu'à la température limite adoptée par les Américains, à 71°C , une durée de chauffage (chambrage) inférieure à 11 secondes peut produire du lait infecté, tandis qu'un chambrage supérieur à

21 secondes peut altérer la montée de la crème, la température devant être constante à 1 degré près! La marge de sécurité est donc bien étroite, et on conçoit que les techniciens aient une tendance soit à élever la température, soit à augmenter la durée du chauffage, quitte à avoir une moins bonne « ligne de crème ».

Dans certains appareils, le lait est envoyé dans le circuit du pasteurisateur à une pression élevée qui atteint et même peut dépasser 3 kg. On conçoit que sous l'influence d'une telle pression, il puisse se produire des fuites : le lait peut prendre un « raccourci » et ainsi certaines portions chauffées pendant un temps insuffisant pouvaient recontaminer le reste du lait correctement pasteurisé.

Les résultats sont satisfaisants « *quand les pasteurisateurs fonctionnent convenablement* », dit YALE.

Certains constructeurs, dans le but d'augmenter la marge de sécurité, ont intercalé dans leurs appareils un chambreur. Le lait est maintenu, dans le chambreur, à la température de pasteurisation pendant un temps variable suivant la construction de l'appareil. Nous savons que dans certains appareils le temps de chambrage peut atteindre 3 et même 6 minutes. *Dans ces conditions, il ne s'agit plus de pasteurisation instantanée, mais bien de pasteurisation haute.*

Quoi qu'il en soit, les observations faites aussi bien en Allemagne qu'aux Etats-Unis et qu'en France concordent pour reconnaître l'efficacité de la méthode de pasteurisation instantanée quand elle est correctement appliquée.

Les pasteurisateurs instantanés peuvent être groupés en deux grandes catégories :

1° Les appareils tubulaires, types Stassano, Astra-Montana, Corblin, Précision, Isotherm, etc.

2° Les appareils à plaques types Diskus, Astra, Stamsvik, A. P. V., etc.

La plupart des appareils modernes sont chauffés à l'eau chaude, eau à une température de quelques degrés tout au plus au-dessus de la température de pasteurisation, ce qui évite le gratinage.

Citons en passant que dans certains appareils la pasteurisation est obtenue par l'électricité, mais c'est bien la chaleur engendrée qui est l'agent destructeur des bactéries dans les électro-pasteurisseurs; ils ne diffèrent donc pas essentiellement des autres pasteurisateurs.

Pasteurisseurs tubulaires et pasteurisseurs à plaques se disputent âprement les faveurs des industriels laitiers.

Les partisans des pasteurisseurs à plaques reprochent aux appareils tubulaires leur encombrement et la difficulté de leur nettoyage. Il est bien évident que les appareils à plaques sont, en apparence tout au moins, beaucoup plus faciles à nettoyer que les appareils tubulaires, mais pour un nettoyage soigneux, il faut enlever les joints de chaque plaque, les nettoyer et nettoyer leurs logements, nettoyer soigneusement toutes les rainures, etc., de sorte que la plus grande facilité de nettoyage est bien plutôt en faveur des tubulaires, disent les partisans de ces derniers !

Les appareils à plaques ont pour eux leur grande souplesse, car ils permettent de modifier le débit du lait par suppression ou adjonction de plaques. Par contre, ils ne présentent pas la sécurité des bons appareils tubulaires. On a en effet constaté qu'il peut y avoir certaines particules de lait qui, au lieu de suivre les sinuosités des plaques, passent par un « raccourci » et que, par suite, ces particules de lait peuvent avoir été insuffisamment chauffées. Ces imperfections dans le fonctionnement des appareils à plaques peuvent se produire même avec une construction irréprochable et peuvent se produire à la suite d'un montage imparfait, d'un joint un peu fort, d'une plaque très légèrement voilée. Le lait parcourt ces appareils sous une pression qui peut atteindre de 2 à 3 kilogr. Sous une telle pression, il faut admettre en principe que les joints des rainures assurés par simple pression de la plaque unie ne sont pas étanches, tout au moins après un certain temps de service.

C'est certainement à une cause de cet ordre qu'il faut attribuer les résultats consignés dans la thèse du docteur MARCHE, où l'on voit certains jours dans les laits prélevés à la sortie du pasteurisateur de 2 à 5.000 colonies au centimètre cube, tandis que, à quelques jours de distance, on trouve, toujours dans le lait au sortir du pasteurisateur, 40, 50 et même 87.000 colonies au centimètre cube, et ceci sans aucune relation avec la richesse microbienne des laits avant pasteurisation.

Enfin MARCHE signale que 20 p. 100 des échantillons renferment du colibacille dans 20 à 100 cc.

De tels écarts ne peuvent s'expliquer que par le défaut d'étanchéité dont nous avons parlé. Aussi pensons-nous que pour éviter des déboires avec les appareils à plaques il est indispensable d'intercaler dans le circuit du lait un chambrage aussi long que le permet la conservation des qualités du lait. Ces observations font mieux comprendre la phrase répétée à la suite de chaque série d'essais par YALE : « *Quand les pasteurisateurs fonctionnent bien* ».

Dans beaucoup d'appareils, pour remédier à cet inconvénient qui ne manquerait pas de nuire à la qualité de la pasteurisation, on a intercalé un chambrage permettant de maintenir le lait pendant un temps variable à la température de pasteurisation. Dans l'appareil étudié par MARCHE, l'épaisseur de la lame de lait était d'environ 8 millimètres et le temps de chambrage de 3 à 6 minutes. Dans ces conditions, il ne nous paraît plus exact de parler de pasteurisation instantanée, mais bien plutôt de pasteurisation haute.

Dans les appareils tubulaires, aucune partie du lait ne peut échapper au chauffage, toutes les molécules suivent dans toute sa longueur la partie chauffante; il n'y a pas de raccourci possible. La minceur de la lame de lait ne permet pas les remous qui nuisent à la régularité du chauffage. M. J. GIROUX, directeur du laboratoire central de la Société laitière Maggi, donne comme résultat moyen normal de l'emploi de pasteurisateurs tubulaires Corblin, 1.500 à 5.000 colonies au

(1) GIROUX. L'Hygiène Sociale, n° 135, 25 avril 1735.

centimètre cube, ni coli, ni bacilles de Koch. Nos essais, ainsi qu'on va le voir, nous permettent de confirmer entièrement ces affirmations.

Tous nos essais ont été effectués au moyen d'appareils tubulaires Corblin. Nous avons pu étudier le rendement des tubulaires Corblin dans trois installations différentes.

1° Une installation expérimentale réalisée à l'Ecole de Laiterie de la Faculté des Sciences. C'est un appareil pouvant débiter 500 litres à l'heure, il est muni d'un chambreur dont le volume peut, à volonté, être réduit par introduction dans les tubes du chambreur de noyaux de différentes grosseurs, permettant ainsi de faire varier à volonté le temps de chambrage, de 0 à environ 60 secondes. Cette disposition est éminemment commode pour étudier les résultats de la pasteurisation en faisant varier les deux facteurs temps et température.

Le lait destiné à la pasteurisation est filtré sur filtre à ouate et rassemblé dans un bac mélangeur d'où, à l'aide d'une pompe, le lait froid est envoyé dans les deux tubes du bas, qui font office d'échangeurs de température; de l'échangeur, le lait passe dans le pasteurisateur proprement dit. Il est constitué par deux tubes concentriques; dans l'espace ménagé entre les deux tubes circule l'eau chaude, qui est ici l'agent thermique. Dans le tube intérieur, se trouve un noyau

métallique qui laisse libre un espace annulaire dans lequel circule le lait sous une épaisseur de 1 mm. 5 environ.

Eau chaude et lait circulent à contre-courant.

Du pasteurisateur, le lait porté à la température de pasteurisation passe dans le chambreur, puis dans l'échangeur de température, où il passe à contre-courant avec le lait froid. Grâce à cet échangeur thermique, on récupère une grande partie de la chaleur fournie au lait pour le pasteuriser et on économise en même temps une notable quantité d'eau pour la réfrigération.

Pour qu'une pasteurisation soit efficace, il est de toute évidence que le circuit parcouru par le lait doit être stérile. Si cette condition peut ne pas être considérée comme tout à fait indispensable pour la partie pasteurisante proprement dite, puisque les tubes qui la constituent sont portés à haute température pendant toute la durée de l'opération, il n'en est pas de même pour les autres parties.

Dans l'échangeur thermique, la température est favorable à la multiplication des thermorésistants. Aussi lorsqu'on n'a pas pris la précaution de bien nettoyer et stériliser l'échangeur, il arrive que l'on trouve plus de thermorésistants après qu'avant la pasteurisation.

Mais c'est surtout la nappe réfrigérante qui peut réinfecter le lait; il faut donc veiller tout particulièrement à une bonne désinfection de toute cette partie de l'installation.

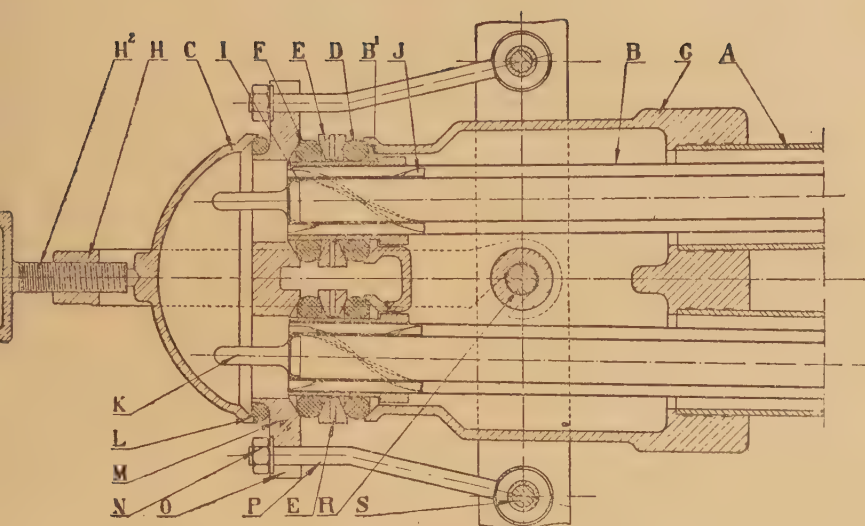
Toutes nos opérations de pasteurisation ont été précédées d'un nettoyage soigné de l'appareil, suivi d'une désinfection au moyen de l'eau javellisée, à chaud. Dans quelques opérations, nous avons omis volontairement de faire passer dans l'appareil un courant de liquide désinfectant, et nous avons pu ainsi nous rendre compte de l'importance des réinfections qui peuvent se produire dans un appareil non stérilisé.

Les autres appareils qui ont servi à nos essais sont basés sur les mêmes principes, mais de dimensions plus considérables, en rapport avec leurs débits.

Comme dans l'appareil utilisé à l'Ecole de Laiterie, il y a un *échangeur-récupérateur* à doubles tubes, puis une nappe de pasteurisation dans laquelle le chauffage du lait est assuré par un courant d'eau chauffée à une température de 2 ou 3 degrés au-dessus de la température choisie pour la pasteurisation. Le lait est chauffé en couche mince, dont on peut aisément faire varier l'épaisseur en employant des noyaux de diamètre approprié, pour obtenir la minceur désirée pour la couche de lait.

Le lait pasteurisé, après avoir passé dans un chambreur qui peut d'ailleurs ne pas exister, revient à l'échangeur, puis, de là, passe dans les nappes tubulaires réfrigérantes, où la réfrigération est assurée par une circulation d'eau froide complétée dans les derniers tubes par une circulation de saumure dans les usines munies d'une installation frigorifique. C'est donc un ensemble entièrement tubulaire d'une homogénéité parfaite.

La coupe ci-dessous de l'extrémité de deux tubes de l'appareil Corblin montre le dispositif employé pour permettre un nettoyage facile et pour s'opposer à ce qu'il ne puisse y avoir, même en cas de fissures des joints, passage du liquide de la nappe extérieure dans le liquide de la nappe intérieure ou inversement. Ceci a surtout une très grosse importance dans l'échangeur-récupérateur. Il a été maintes fois signalé que le lait cru, allant au pasteurisateur, pouvait dans certains cas venir réensemencer dans l'échangeur le lait déjà pasteurisé. Avec le dispositif Corblin, cet inconvénient ne paraît pas pouvoir se produire.



- A. Tube extérieur.
- B. Tube intérieur.
- B¹. Bague de renforcement, de centrage et d'arrêt.
- C. Boîte-couvercle de communication.
- D-F-L. Anneaux plastiques formant joints.
- E. Bague percée de trous empêchant la communication des circuits des liquides.
- G. Pièce faisant communiquer les circuits extérieurs, dans laquelle sont dudgeonnés les tubes A.
- H. Etrier à crochets démontables.
- R. Axe de l'étrier.
- H². Vis de serrage de l'étrier.
- I. Noyau intérieur sur lequel se trouvent montées des pièces J en forme d'hélice qui impriment au liquide un mouvement giratoire.
- K. Extrémité du noyau servant, le cas échéant, de butée sur la boîte C et permettant de tirer facilement ce tube noyau.
- M. Bride intermédiaire recevant la boîte-couvercle C.
- O. Fente dans laquelle vient s'adapter la lige articulée P dont l'axe de rotation est en S et qui maintient la bride M au moyen de l'écrou N. Cette fente permet le démontage facile de la bride M.

Les hachures correspondent aux divers métaux employés.

Caractéristiques des installations de pasteurisation,
sur lesquelles ont porté nos expériences :

	Laiterie Saint-Sébastien	Laiterie de Bouxières-aux-Dames	Ecole de Laiterie de Nancy
Epaisseur de la lame de lait dans les tubes pasteurisateurs . . .	3 $\frac{m}{m}$	3 $\frac{m}{m}$	1 $\frac{m}{m}$ 5
Temps de passage dans un tube	3" $\frac{1}{10}$	2" $\frac{8}{10}$	4" $\frac{6}{10}$
Temps de passage dans la nappe de pasteurisation moyenne . .	28" $\frac{3}{10}$	13" $\frac{6}{10}$	10" $\frac{5}{10}$
Temps de chambrage	6" $\frac{7}{10}$	—	—
> sans tubes noyaux	—	—	56" $\frac{6}{10}$
> avec noyaux 23/25	—	—	34" $\frac{6}{10}$
> > 30/32	—	—	21"
> > 36/38	—	—	8"

Les temps indiqués sont des temps moyens qui peuvent varier, mais seulement dans des limites assez restreintes.

Nous attirons l'attention sur l'installation mise à notre disposition par l'Ecole de Laiterie de la Faculté des Sciences de Nancy qui, par l'adjonction dans le chambrage de noyaux de grosseurs appropriées, permet d'obtenir des temps de chambrage variant de 8 à 56 secondes. On a ainsi la possibilité de faire varier et la température et la durée de chauffage dans d'assez larges limites.

Nous pensons en effet que les températures comprises entre 65 et 71°1 ont été insuffisamment étudiées

au point de vue non seulement de « l'hygiénisation » du lait de consommation, mais encore au point de vue des utilisations industrielles du lait.

Nous donnons ci-dessous les températures observées au cours de la pasteurisation dans les installations industrielles étudiées. Elles font ressortir les avantages économiques de l'échangeur de température, économie de vapeur de chauffage, économie d'eau de réfrigération.

Le chauffage du pasteurisateur est assuré par un courant d'eau chaude d'où ni surchauffe ni gratinage possible.

Nos opérations ont presque toujours été précédées d'un nettoyage et d'une stérilisation préalable des différentes parties de l'appareil. Nous nous sommes tout particulièrement attachée à une bonne désinfection des parties que des expériences préliminaires nous avaient démontré être fréquemment les lieux de réinfection des laits pasteurisés. Nous voulons à cet égard signaler surtout l'échangeur de température. Dans l'échangeur, en effet, la température n'est plus suffisante pour assurer la destruction des germes, c'est même un point particulièrement favorable à la multiplication des thermorésistants.

Les nappes réfrigérantes méritent une attention particulière. Le lait peut y subir un réensemencement assez important pour faire croire à une mauvaise pasteurisation; il faut donc veiller soigneusement à leur parfaite désinfection.

Voici les températures que nous avons observées dans nos essais dans les différentes parties des appareils. Nous avons pris pour base une température de pasteurisation de 75° centigrades :

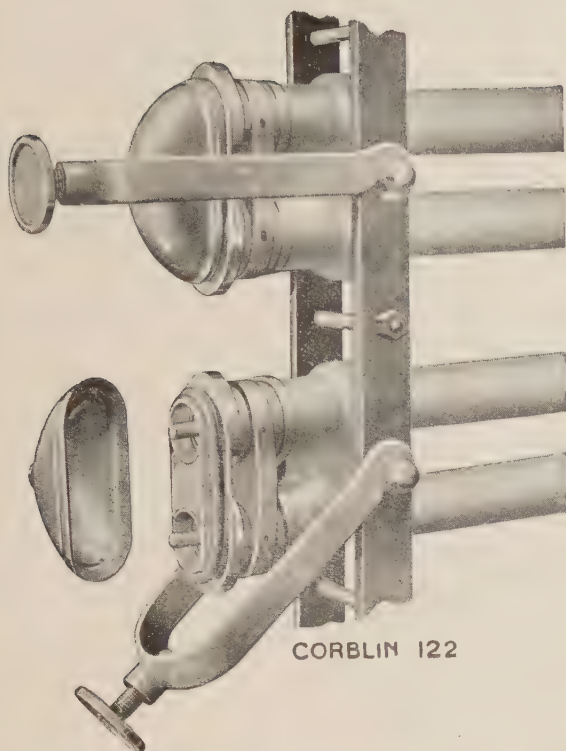
	Laiterie Saint-Sébastien	Laiterie de Bouxières-aux-Dames
Température de l'eau de chauffage	76°5	7 °5
— de pasteurisation.	75°	74°5
Température à la sortie (a) du lait froid . .	55°	53°
de l'échangeur (b) du lait pasteurisé . . .	40°	41°
Température de l'eau de réfrigération . . .	10°5	10°
Température du lait pasteurisé à la sortie du réfrigérant	12°	11°5

Les prélèvements de lait destiné au contrôle des opérations de pasteurisation ont toujours été effectués à la sortie même de l'appareil, c'est-à-dire à la sortie du réfrigérant, dans des ballons préalablement soigneusement stérilisés au four à flamber. Nous avons voulu nous mettre ainsi à l'abri des multiples causes de recontamination auxquelles sont exposés les laits après leur sortie du pasteurisateur. Afin de mettre en lumière l'importance de ces recontaminations, nous avons soumis à l'analyse bactériologique quelques échantillons de lait achetés en carafes chez les commerçants détaillants.

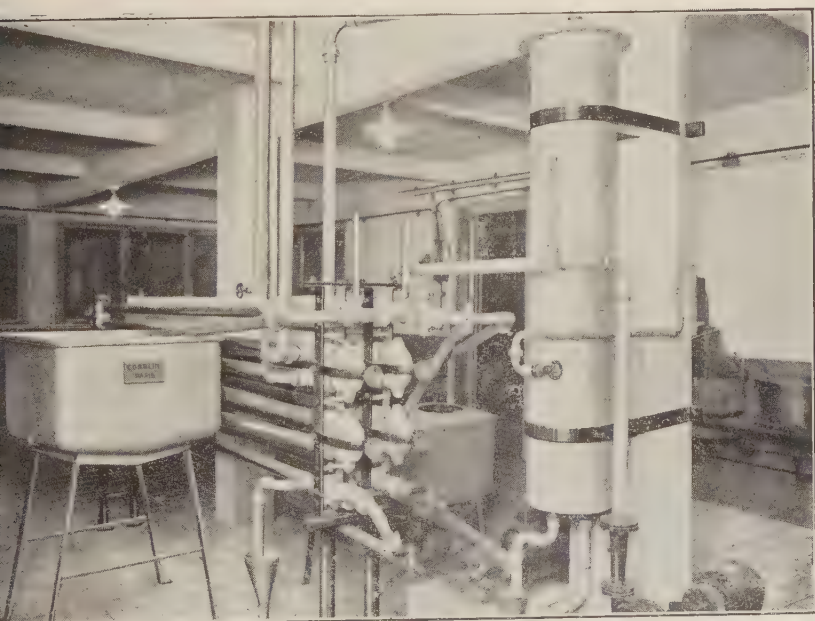
Le manque de soins dans les traitements ultérieurs des laits pasteurisés ne sont pas seuls à incriminer, il faut aussi reconnaître que le détaillant, insuffisam-

ment instruit des précautions dont il faudrait user envers un produit aussi altérable que le lait, est largement responsable de la pullulation microbienne dont on ne peut contester la nocivité.

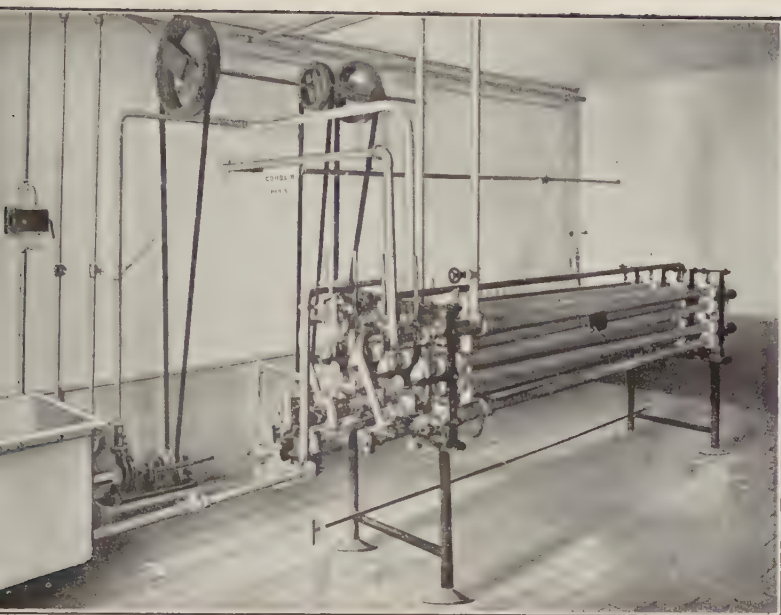
Enfin certaines opérations n'ont été, intentionnellement, précédées d'aucune désinfection, mais simplement d'un bon nettoyage suivi d'un rinçage abondant à l'eau. Par les résultats obtenus, on verra combien importante est la bonne mise en œuvre d'un pasteurisateur, si parfait soit-il, tant dans sa conception que dans sa réalisation.



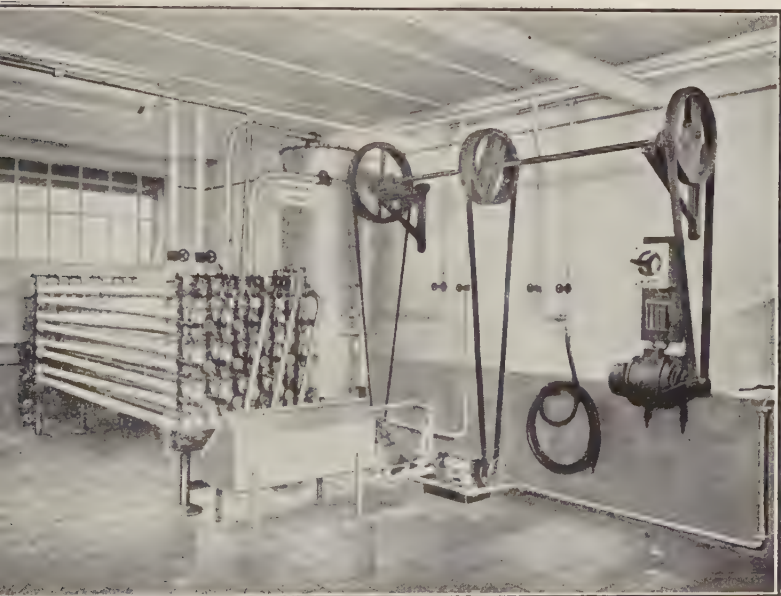
Extrémité des éléments de l'appareil tubulaire Corblin



Appareil de pasteurisation tubulaire Corblin de l'Ecole de Laiterie
de la Faculté des Sciences de Nancy



Appareil de pasteurisation tubulaire Corblin de la laiterie Cheron
de Bouxières-aux-Dames



Appareil de pasteurisation tubulaire Corblin de la laiterie Saint-Sébastien
à Maxéville

Contrôle de la Pasteurisation

Le contrôle de la pasteurisation des laits dans nos essais a porté simultanément sur le lait cru prélevé après filtration et mélange, immédiatement avant la pasteurisation, et sur le lait pasteurisé à sa sortie de la nappe réfrigérante.

Nous avons dans chaque cas fait le dosage de l'acidité suivant la technique de DORNIC et nos résultats sont exprimés en degrés Dornic.

Les numérations microbiennes ont été effectuées, pour chaque échantillon, par ensemencement de dilutions au 1/10, au 1/100, 1/1000 et 1/10000 sur le milieu gélose-haricots, formule MAZÉ, improprement appelée parfois formule des laboratoires Maggi. Pour éviter des redites inutiles, nous renvoyons le lecteur, pour le mode de préparation de ce milieu, entre autres, aux mémoires de MM. PARISOT, MELNOTTE et FERNIER, ou à la thèse du docteur MARCHE.

Les boîtes de Pétri, ensemencées avec les dilutions appropriées, sont mises à l'étuve à 37°, la numération est effectuée au bout de 48 heures. Les résultats obtenus sont ramenés au nombre de colonies trouvées par centimètre cube de lait.

Nous avons également fait des ensemencements à titre de comparaison sur gélatine nutritive.

Sur tous les échantillons, avant et après pasteurisation, nous avons recherché le coli par ensemencement sur eau peptonée et sur milieu au rouge neutre.

La coagulabilité des laits par la présure a été effectuée en nous plaçant toujours, autant que possible, dans les mêmes conditions. La présure employée était d'une force de 2.500, la température était de 37° en général, mais la température d'emprésurage du lait cru était toujours la même que celle du même lait pasteurisé.

Nous avons déterminé dans chaque cas la montée de la crème au moyen du crémomètre de CHEVALLIER.

On voit donc que nous nous sommes limité, dans cette étude, à déterminer le taux d'efficacité de la pasteurisation avec l'appareil tubulaire dans des conditions variables de température et de durée du chauffage. Nous avons pris comme test de la destruction des pathogènes, la présence du groupe Coli, par la mise en évidence de la production d'indol, par la décoloration du rouge neutre et production de gaz sur milieu glucosé ou lactosé.

Enfin nous avons voulu, dans chaque cas, établir le retentissement des conditions de pasteurisation sur la montée de la crème et la coagulation du lait par la présure.

On pourra s'étonner de la qualité bactériologique des laits que nous avons utilisés dans nos essais. Il est donc utile de dire ici qu'il s'agit de laits ramassés

par les laitiers eux-mêmes. Ramassés en général très peu de temps après la traite, dans un rayon assez rapproché, les laits arrivent à la laiterie quelques heures à peine après la traite et sont tout aussitôt filtrés puis pasteurisés. Nous avons donc opéré dans des conditions idéales et dans des installations entretenues dans un état de propreté parfaite.

La recherche du coli a été faite par ensemencement de 0,01, 0,5 et 1 cc pour le lait cru; 1, 3 et 5 cc pour le lait pasteurisé sur eau peptonée phéniquée, et eau peptonée rouge neutre phéniquée et par l'observation des caractères suivants après passage de 72 h. à l'étuve à 37°.

Coagulation du lait; production d'indol; réduction du rouge neutre; fermentation du lactose avec production de gaz.

La recherche de l'indol a été faite de la façon suivante :

A environ 1 cc de la culture en eau peptonée phéniquée on ajoute 1 cc d'alcool amylique. Après agitation, on verse quelques gouttes d'acide nitrique fumant; on obtient une belle coloration rose à la surface du tube s'il y a présence d'indol.

Nous avons également pratiqué la réaction de Salskowsky.

Au tube de culture on ajoute environ XXX gouttes de solution de nitrite de potassium à 1 pour 1.000, puis en

agitant légèrement, on laisse couler le long du tube XV à XX gouttes d'acide sulfurique chimiquement pur. La présence d'indol se traduit par une coloration rose.

La fermentation du lactose et la production de gaz s'apprécie dans les tubes de culture munis d'un tube de Durham. La présence du coli se traduit également par un virage au jaune du rouge neutre.

Analyses

27 MAI

Lait cru :

Acidité : à l'origine 18°5 D; — après 9 h. : 25° D; —
après 24 h. : 70° D; — après 32 h. : caillé.
Nombre de colonies au cc : 9.000.000.
Recherche du colibacille : plus de 10.000 au litre.
Temps de coagulation par la présure : 10'.
Montée de la crème : après 3 h. : 4,5; — 8 h. : 5,5; —
24 h. : 9; — 48 h. : 9.

Lait pasteurisé à 87° pendant 10", chambré à 83° pendant 55".

Acidité à l'origine : 18° D; — après 9 h. : 19° D; —
24 h. : 19° D; — 32 h. : 19° D; 48 h. : 65° D.
Nombre de colonies au cc : 600.
Recherche du colibacille : absent.
Temps de coagulation par la présure : 25'.
Montée de la crème après 3 h. : 0,5; — 8 h. : 1; —
24 h. : 2; — 48 h. : 3.

18 JUIN

Lait cru :

Acidité : à l'origine 19°5 D; — après 4 h. : 20° D; —
10 h. : 21° D; — 24 h. : 52° D; — 34 h. : 63° D;
— 48 h. : caillé.
Nombre de colonies au cc : 1.200.000.

Recherche du colibacille : 10.000 coli par litre.

Temps de coagulation par la présure : 12'.

Montée de la crème après 6 h. : 2; — 20 h. : 3,5; —
27 h. : 8,5; — 48 h. : 8,5.

Lait Pasteurisé à 77° pendant 10'', chambré à 73° pendant 1'.

Acidité : à l'origine 18°5 D; — après 4 h. : 18°5 D; —
10 h. : 18°5 D; — 24 h. : 18°5 D; — 34 h. :
18°5 D; 48 h. : 20° D; — 72 h. : 27° D.

Nombre de colonies au cc : 1.000 .

Recherche du colibacille : absent.

Temps de coagulation par la présure : 16'.

Montée de la crème : après 6 h. : 1; — 20 h. : 2,5; —
27 h. : 3; — 48 h. : 3,5.

19 JUIN.

Lait cru :

Acidité à l'origine : 17°5 D; — après 10 h. : 19° D;
— 24 h. : 42°5 D; — 48 h. : caillé.

Nombre de colonies au cc : 6.000.000.

Recherche du colibacille : plus de 10.000 par litre.

Temps de coagulation par la présure : 12'.

Montée de la crème : après 6 h. : 6,7; — 22 h. : 12,5;
— 32 h. : 12,5; — 48 h. : 12,5.

Lait pasteurisé à 72° pendant 10'', chambré à 68° pendant 1'.

Acidité à l'origine : 17° D; — après 10 h. : 17° D;
— 24 h. : 17°5 D; — 48 h. : 19° D.

Nombre de colonies au cc : 2.000.

Recherche du colibacille : absent.

Temps de coagulation par la présure : 17'.

Montée de la crème après 6 h. : 0,5; — 22 h. : 2,8; —
32 h. : 3; — 48 h. : 4.

20 JUIN

Lait cru :

Acidité à l'origine 18°5 D; — après 10 h. : 25° D; —
24 h. : caillé.

Nombre de colonies au cc : 3.300.000.

Recherche du colibacille : plus de 10.000 par litre.

Temps de coagulation par la présure : 13'.

Montée de la crème après 6 h. : 4; — 24 h. : 7.

Lait pasteurisé à 74° pendant 10'', chambrage 8''.

Acidité à l'origine 17°5 D; — après 10 h. : 18° D; —
24 h. : 27° D.

Nombre de colonies au cc : 1.200.

Recherche du colibacille : absent.

Temps de coagulation par la présure : 17'.

Montée de la crème après 6 h. : 3; — 24 h. : 6.

26 JUIN

Lait cru :

Acidité à l'origine 19°5 D; — après 6 h. : 27° D; —
24 h. : 33° D; — 30 h. : 38° D; — 48 h. : 48° D;
— 55 h. : 54° D; — 72 h. : 63° D; — 80 h. :
caillé.

Nombre de colonies au cc : 19.000.000.

Recherche du colibacille : plus de 100.000 par litre.

Temps de coagulation par la présure : 5'.

Montée de la crème après 20 h. : 11,5; — 24 h. :
12; — 48 h. : 14,2; — 72 h. : 14,5.

Lait pasteurisé à 75° pendant 10'', chambré à 72°, 56''.

Acidité à l'origine : 19° D; — après 6 h. : 19° D; —
24 h. : 19° D; — 30 h. : 19° D; — 48 h. : 19° D;
— 55 h. : 19° D; — 72 h. : 19° D; — 80 h. :
19° D; 96 h. : 19° D.

(Lait conservé en glacière.)

Nombre de colonies au cc : 1.400.

Recherche du colibacille : absent.

Temps de coagulation par la présure : 13' 30".

Montée de la crème après 20 h. : 1; — 24 h. : 1,5; —
48 h. : 3; — 72 h. : 4,2.

29 JUIN

Lait cru :

Acidité à l'origine 19°5 D; — après 7 h. : 40° D;
— après 24 h. : 70° D; — 48 h. : caillé.

Nombre de colonies au cc : 8.000.000.

Recherche du colibacille : plus de 10.000 par litre.

Temps de coagulation par la présure : 5'.

Montée de la crème après 6 h. : 9,2; — 24 h. : 11; —
48 h. : 11; — 54 h. : 11.

Lait pasteurisé à 76° pendant 10"; chambré à 72° pendant 42".

Acidité à l'origine : 19°5 D; — après 7 h. : 19°5 D; —
24 h. : 19°5 D; — 48 h. : 19°5 D; — 54 h. :
19°5 D; — 72 h. : 19°5 D; — 78 h. : 22° D.

Nombre de colonies au cc : 2.000.

Recherche du colibacille : absent.

Temps de coagulation par la présure : 13' 30".

Montée de la crème après 6 h. : 0,5; — 24 h. : 1,5; —
48 h. : 2,5; — 54 h. : 2,5.

20 JANVIER

Lait cru :

Acidité à l'origine 18° D; — après 24 h. : 18° D; —
48 h. : 27° D; — 72 h. : 39° D; — 96 h. : 65° D.

Nombre de colonies au cc : 1.600.000.

Recherche du colibacille : plus de 1.000 par litre.

Montée de la crème après 24 h. : 9; — 48 h. : 10.

Lait pasteurisé à 75° pendant 14'', sans chambrage.

Acidité à l'origine : 17° D; — après 24 h. : 17° D; —

48 h. : 17° D; — 72 h. : 18° D; — 96 h. : 25° D.

Nombre de colonies au cc : 6.600.

Recherche du colibacille : absent.

Montée de la crème après 24 h. : 9; — 48 h. : 9.

27 JANVIER

Lait cru :

Acidité à l'origine : 18° D; après 24 h. : 23° D; —

48 h. : 48° D; — 72 h. : 56° D; — 96 h. : caillé.

Nombre de colonies au cc : 1.260.000.

Recherche du colibacille : plus de 1.000 par litre.

Temps de coagulation par la présure : 5'.

Montée de la crème après 24 h. : 10; — 48 h. : 10.

Lait pasteurisé à 71° pendant 26'', chambré à 68° pendant 7''.

Acidité à l'origine : 18° D; — après 24 h. : 17° D; —

48 h. : 17° D; — 72 h. : 18° D; — 96 h. : 24° D.

Nombre de colonies au cc : 2.400.

Recherche du colibacille : absent.

Temps de coagulation par la présure : 8'.

Montée de la crème après 24 h. : 10,5; — 48 h. : 10,5.

10 FÉVRIER

Lait cru :

Acidité : 18°5 D.

Nombre de colonies au cc : 3.000.000.

Recherche du colibacille : plus de 2.000 par litre.

Temps de coagulation par la présure : 7' 30''.

Montée de la crème après 24 h. : 9; — 48 h. : 11.

Lait pasteurisé à 73° pendant 28'', chambré à 70° pendant 7''.

Acidité : 18°.

Nombre de colonies au cc : 11.200.

Recherche du colibacille : absent.

Temps de coagulation à la présure : 9'.

Montée de la crème apr.s 24 h. : 9; — 48 h. : 11.

17 FÉVRIER

Lait cru :

Acidité à l'origine 19° D; — après 24 h. : 42° D; — 48 h. : coagulé.

Nombre de colonies au cc : 1.100.000.

Recherche du colibacille : plus de 1.000 par litre.

Temps de coagulation par la présure : 5'.

Montée de la crème après 3 h. : 8; — 24 h. : 11; — 48 h. : 12,5.

Lait pasteurisé à 76° pendant 28'', chambré à 72° pendant 8''.

Acidité à l'origine : 18°5 D; — après 24 h. : 18°5 D; — 48 h. : 25° D.

Nombre de colonies au cc : 8.400.

Recherche du colibacille : absent.

Temps de coagulation par la présure : 7'.

Montée de la crème après 3 h. : 8,5; — 24 h. : 9; — 48 h. : 11.

2 MARS

Lait cru :

Nombre de colonies au cc : 940.000.

Recherche du colibacille : plus de 1.000 par litre.

Montée de la crème après 24 h. : 9; — 48 h. : 9.

Lait pasteurisé à 71° pendant 28'', chambré à 68° pendant 8''.

Nombre de colonies au cc : 1.400.

Recherche du colibacille : absent.

Montée de la crème après 24 h. : 8,5; — 48 h. : 8,5.

31 MARS

Lait cru :

Acidité à l'origine : 18° D; après 24 h. : coagulé.

Nombre de colonies au cc : 2.400.000.

Recherche du colibacille : plus de 10.000 par litre.

Montée de la crème après 8 h. : 8; — 24 h. : 8,5; — 48 h. : 8,5.

Lait pasteurisé à 73° pendant 27'', chambré à 69° pendant 7''.

Acidité à l'origine : 18°5 D; — après 24 h. : 18°5 D; — 48 h. : 18°5 D; — 72 h. : 28° D.

Nombre de colonies au cc : 65.000.

Recherche du colibacille : plus de 200 par litre.

Montée de la crème après 8 h. : 8,5; — 24 h. : 9; — 48 h. : 9.

27 AVRIL

Lait cru :

Acidité à l'origine 17°5 D; — après 24 h. : coagulé.

Nombre de colonies au cc : 5.500.000.

Recherche du colibacille : plus de 1.000 par cc.

Temps de coagulation par la présure : 3'.

Montée de la crème après 7 h. : 5; — 24 h. : 7.

Lait pasteurisé à 73° pendant 28'', chambré à 69° pendant 8''.

Acidité à l'origine 17°5 D; — après 24 h. : 17°5 D; — 48 h. : 17°5 D; — 72 h. : 48° D.

Nombre de colonies au cc : 65.000.
Recherche du colibacille : absent.
Temps de coagulation par la présure : 6'.
Montée de la crème après 7 h. : 7; — 24 h. : 7,5.

28 AVRIL

Lait cru :

Acidité 18°5 D.
Nombre de colonies au cc : 2.400.000.
Recherche du colibacille : présent.
Temps de coagulation par la présure : 4'.

Lait pasteurisé à 72° pendant 28'', chambré à 68° pendant 8''.

Acidité : 18° D.
Nombre de colonies au cc : 44.000.
Recherche du colibacille : absent.
Temps de coagulation par la présure : 5'.

8 MAI

Lait cru :

Acidité à 17° D.
Nombre de colonies au cc : 1.400.000.
Recherche du colibacille : plus de 10.000 au litre.

Lait pasteurisé à 75° pendant 14'', sans chambrage.
Acidité : 16°5 D.

Nombre de colonies au cc : 28.000.
Recherche du colibacille : absent.

13 MAI

Lait cru :

Acidité : 18° D.
Nombre de colonies au cc : 2.000.000.
Recherche du colibacille : plus de 10.000 par litre.

Lait pasteurisé à 75° pendant 14'', sans chambrage.

Acidité : 17° D.

Nombre de colonies au cc : 34.000.

Recherche du colibacille : plus de 200 par litre.

19 MAI

Lait cru :

Acidité : 17°5 D.

Nombre de colonies au cc : 3.200.000.

Recherche du colibacille : plus de 2.000 par litre.

Lait pasteurisé à 75° pendant 14'', sans chambrage.

Acidité : 17°.

Nombre de colonies au cc : 35.000.

Recherche du colibacille : plus de 200 par litre.

29 MAI

Lait cru :

Acidité : 17°5 D.

Nombre de colonies au cc : 8.400.000.

Recherche du colibacille : plus de 1.000 par litre.

Lait pasteurisé à 74° pendant 14'' sans chambrage.

Acidité : 17° D.

Nombre de colonies au cc : 328.000.

Recherche du colibacille : absent.

30 MAI

Lait cru :

Acidité : 18° D.

Nombre de colonies au cc : 2.500.000.

Recherche du colibacille : plus de 10.000 par litre.

Lait pasteurisé à 74° pendant 14'' sans chambrage.

Acidité : 17° D.

Nombre de colonies au cc : 124.000.

Recherche de colibacille : plus de 200 par litre.

18 NOVEMBRE

Lait cru :

Acidité à l'origine : 17°; — après 24 h. : 18°5.

Nombre de colonies au cc : 442.000.

Recherche du colibacille : plus de 2.000 par litre.

Lait pasteurisé à 74° pendant 14''; sans chambrage:

Acidité à l'origine : 16° D; — après 24 h. : 17° D.

Nombre de colonies au cc : 8.200.

Recherche du colibacille : plus de 200 par litre.

30 NOVEMBRE

Lait cru :

Acidité à l'origine : 17°5 D; — après 24 h. : 19°5 D.

Nombre de colonies au cc : 1.420.000.

Recherche du colibacille : plus de 2.000 par litre.

Lait pasteurisé à 74° pendant 14''; sans chambrage.

Acidité à l'origine : 16°5 D; — après 24 h. : 17°5 D.

Nombre de colonies au cc : 4.200.

Recherche du colibacille : absent.

1^{er} DÉCEMBRE

Lait cru :

Acidité à l'origine : 17°5 D; — après 24 h. : 18° D.

Nombre de colonies au cc : 2.345.000.

Recherche du colibacille : plus de 2.000 par litre.

Lait pasteurisé à 74° pendant 10'', chambré à 72° pendant 21''.

Acidité à l'origine : 17° D; — après 24 h. : 17°5 D.

Nombre de colonies au cc : 9.000.

Recherche du colibacille : absent.

Analyses de laits pasteurisés en carafes.

Nombre de colonies microbiennes sur gélose-haricots, de pH 7 :

3 mars 1937		1.016.000
13	—	650.000
14	—	204.000
15	—	224.000
15	—	540.000
18	—	425.000

Dans tous ces laits, germes indol +.

Dans les expériences de pasteurisation dont nous donnons les résultats ci-dessus, tous les tubes du pasteurisateur ont été nettoyés à la brosse avant chaque opération, puis lavés à l'eau froide, ensuite à l'eau chaude, additionnée d'eau de javel, enfin rincés à l'eau pure portée à la température de pasteurisation.

Dans les opérations des 31 mars, 27 et 28 avril, 8, 13 et 19 mai, la désinfection de l'appareil a été réa-

lisée seulement par passage en circuit fermé d'eau pure chauffée à la température de pasteurisation, donc 73°-75°.

Dans les opérations des 29 et 30 mai, après avoir fait passer dans l'appareil de l'eau pure froide, on a fait ensuite passer de l'eau pure chauffée à la température de pasteurisation, mais en faisant circuler l'eau dans le réfrigérant, l'augmentation notable du chiffre des colonies trouvées correspond donc à la recontamination du lait dans la nappe réfrigérante. Ces observations montrent l'importance *capitale* d'une bonne désinfection des différentes parties de l'appareil et spécialement de l'échangeur et de la nappe réfrigérante.

Quant aux numérations microbiennes dans les laits en carafes du commerce, pasteurisés avec d'autres appareils, elles montrent la nécessité de soigner le lait après la pasteurisation et surtout de le conserver dans de bonnes conditions, c'est-à-dire à basse température, jusqu'au moment de la livraison au consommateur.

Bibliographie

ANONYMES :

Le tamisage et le nettoyage centrifuge du lait. *Le Lait*, 1934, n° 132, p. 210.

L'infection tuberculeuse du lait. — Rapport du département de la Santé, d'Ecosse, 1933. — An. in *Le Lait*, 1934,

Tuberculose bovine chez l'homme avec considérations spéciales sur l'infection par le lait. — X^e Congrès mondial de laiterie. — *Le Lait*, 1933, n° 128, p. 1057.

Influence de la pasteurisation basse sur la valeur nutritive du lait. — An. in *Le Lait*, 1936, p. 654.

BAUDE. — La pasteurisation des laits de consommation.

BEAUDEAU. — Le contrôle hygiénique du lait à Nancy. — *Le Lait*, 1936, n° 159, p. 946.

BERTAZZONI. — Test de la valeur hygiénique du lait. — *La Nuova Veterinaria*, 1935. — An. in *Le Lait*, 1936, p. 1004.

BERTUCCI. — Contribution à l'étude de la pasteurisation en couche mince.

BER (A.). — Bacilles de Bang et bacilles tuberculeux dans le lait du commerce à Varsovie. — *C. R. de la Société de Biologie*. T. CXIII, n° 27, avril 1933, p. 1269.

ROBERT'S BREED. — Les bactéries thermophiles du lait pasteurisé par la pasteurisation basse. — *Le Lait*, t. XIII, p. 60.

- BULHAROWSKI. — Sur les pasteurisations instantanées. — *Le Lait*, 1933, n° 126, p. 772.
- De l'approvisionnement en lait des villes en France.
- BURRI (R.). — L'approvisionnement en lait des villes de l'Amérique du Nord. — *Le Lait*, t. XIII, n° 129 et 130.
- CASERIO. — Observations et recherches sur le lait pasteurisé. — *Ann. Igiene*, t. 44, n° 12. — An. in *Le Lait*, 1936, n° 157, p. 769.
- CLAVEAUX. — L'hygiène du lait. — *Le Lait*, 1935, n° 147, p. 971.
- CHICOTE (César). — L'approvisionnement en lait dans son aspect hygiénique. — An. in *Le Lait*, 1936, n° 155, p. 512.
- CHRÉTIEN (A.). — Rapport sur les opérations du Service vétérinaire sanitaire de Paris et du département de la Seine pendant l'année 1931. — An. in *Le Lait*, 1934, n° 132, p. 165.
- DAHLBERG. — La marge de sécurité entre la température mortelle pour le bacille de la tuberculose et la température de diminution de volume de la crème lors de la pasteurisation du lait à diverses températures. — An. in *Le Lait*, 1932, n° 126.
- DEMETER (K.-J.). — Directives pour l'exécution du contrôle bactériologique du lait. — *Le Lait*, 1936, n° 152, p. 138.
- DESFOSSÉS (P.). — Le lait propre. — *La Presse Médicale*, 1933, n° 98, p. 1999.
- DOGLIO (P.). — Lait et tuberculose humaine. — *Le Forze Sanitario*, 1933. — An. in *Le Lait*, 1935, n° 144, p. 396.
- FRANCK (L.-F.), CLARK (F.-A.), HASKELL (W.-H.), MILLER (M.), MOSS (F.-J.) et THOMAS (R.-C.). — Les enfants qui boivent du lait cru se développent-ils mieux que les enfants qui boivent du lait chauffé ? — *Public Health Report*, 1932, n° 39. — An in *Cahiers de Médecine Vétérinaire*, 1933, n° 7.

- FOUASSIER. — La pasteurisation du lait devant l'hygiène et les industries du lait. — *Le Lait*, 1936, n° 154, p. 442.
- Un aperçu sur le ravitaillement en lait des grands centres urbains. — *Revue d'Hygiène*, 1935, p. 274.
- La pasteurisation obligatoire des laits de mélange destinés à la consommation en nature. — X^e Congrès mondial de laiterie. — *Le Lait*, t. XV, n° 150, p. 1111.
- FOURNIER. — Un coefficient de propreté du lait. — *Le Lait*, t. XV, n° 150, p. 1077.
- GÉNIN (G.). — La Pasteurisation du lait par le courant électrique. — *Le Lait*, 1934, n° 138, p. 827.
- La filtration industrielle. — Dunod, Paris, 1934.
- GIROUX (J.). — La pasteurisation du lait. — *L'Hygiène Sociale*, n° 135, avril 1935.
- GRASSI (L.). — L'hygiène du lait alimentaire dans les villes. — X^e Congrès de laiterie mondiale. — *Le Lait*, 1934, n° 139, p. 999.
- MAC GRADY (M.-H.), et LANGEVIN (E.-M.). — La détermination de la présence de Coli-Aerogenes pour le contrôle de l'efficacité de la pasteurisation. — *Journal of Dairy Science*, 1932, n° 4.
- GŒPFERT. — Lait cru et lait pasteurisé sous couche mince (procédé Stassano) en pédiatrie.
- GORINI. — Sur le mouvement pour la production hygiénique du lait dans les différents pays. — *Le Lait*, 1934, n° 134, p. 431.
- Pasteurisation du lait, ses avantages et ses inconvénients, méthode de pasteurisation basse. — *Le Lait*, 1935, n° 150, p. 1101.
- Pasteurisation rationnelle du lait. — *Le Lait*, 1934, n° 139, p. 924.
- ELVERTJEM (C.-A.), HART (E.-B.), JACKSON (H.-C.) et WECKEL (K.-C.). — La valeur nutritive du lait cru et du lait pasteurisé en été et en hiver. — *Journal of Dairy Science*, 1934. — An. *Le Lait*, 1936, p. 761.

- ERICKMANN. — L'examen du lait de mélange comme procédé de prophylaxie de la tuberculose. — *Deutsche tierärztliche Wochenschrift*, 1932. — An. *Le Lait*, 1936, p. 54.
- HANSEN (A.-P.), et JENSEN (J.). — Chauffage du lait destiné à la consommation en nature. — An. *Le Lait*, 1936, n° 155, p. 518.
- HANSEN (A.) et FOUASSIER (M.). — L'hygiène laitière dans ses rapports avec la mortalité infantile du premier âge. — *Le Lait*, t. XV, n° 142, p. 141.
- HOUDINIÈRE. — Consommation et inspection du lait à Nancy. — *Le Lait*, 1933, n° 127-128.
- KIEFERLÉ (F.) et EISENREICH (L.). — Contribution au problème de la pasteurisation du lait. Influence des différents procédés de chauffage, surtout du chauffage rapide sur la teneur en vitamine C du lait. — *Le Lait*, t. XV, n° 142, p. 197.
- KLIMMER. — Contribution à l'hygiène du lait. Tuberculose. Fièvre ondulante (abortus) et mammites. — An. in *Rev. gén. de Méd. vétérinaire*, 1932, n° 1.
- KRAUSS (W.-E.), ERB (J.-H.), WASHBURN (R.-G.). — Lait cru ou lait pasteurisé. — *Ohio Agri. Gep. Stat*, 1932, p. 3-6; 1934, p. 63. — An. *Le Lait*, 1933, p. 151; *Le Lait*, 1936, p. 640.
- LAPORTE et MAUPETIT. — *C. R. de la Société de Biologie*, t. 120, n° 34, 1935, p. 585-587.
- LEITCH. — *Le Lait*, 1936, p. 446.
- LEREBoullet (P.). — La prophylaxie des maladies dues au lait (hygiène et réglementation). — *Le Nourrisson*, 1933, n° 5, p. 273.
- LIPSKA (Irène). — L'analyse bactériologique du lait. — *Le Lait*, 1933, n° 129, p. 1090.
- LORENZO Y DEAL. — Pasteurisation et carence. — An. *Le Lait*, 1936, n° 152, p. 185.

- MARCHE. — Contribution à l'étude de la Pasteurisation et du contrôle hygiénique des laits.
- MATTICK et HISCOX. — Pasteurisation rapide à haute température. — X^e Congrès mondial de Laiterie. — An. *Le Lait*, 1936, n^o 156, p. 648.
- MASCK (J.). — Etude microbiologique sur la filtration du lait. — *Le Lait*, 1935, n^o 149, p. 954.
- NÉVOT (A.). — Laits crus, laits posteurisés : catégorisation des laits. — *Revue Médico-Sociale de l'Enfance*. — *Journal Médical Français*, n^o 12, décembre 1932, p. 442.
- L'approvisionnement de Paris en lait. Nécessité d'un contrôle hygiénique; ses méthodes; recherche du colibacille dans le lait. — *Le Lait*, t. XIII, n^{os} 121-122, p. 111.
- La loi du 2 juillet 1935 sur l'assainissement des marchés du lait. — *Le Lait*, 1936, n^o 154, p. 383.
- NOBÉCOURT et VESLOT (J.). — Les avantages et les inconvénients du lait cru de vache dans l'alimentation des nourrissons. — *Revue Médico-Sociale de l'Enfance*, 1933, p. 81.
- OKADA (J.) et SAND (T.). — Nouvelles recherches concernant la digestion et le pouvoir nutritif du lait de vache cuit. — *Japan J. Exp. Med.*, 1934. — An. *Le Lait*, 1936, p. 178.
- ORLA JENSEN. — *Annuaire Agricole de la Suisse*, 1905.
- OSTERTRAG (R. VON). — Le contrôle vétérinaire des animaux producteurs de lait dans la loi allemande. — Vol. jubilaire en l'honneur du P^r Ch. Porcher, 1932, p. 488.
- PANISSET. — L'infection de la mamelle. Comment elle influe sur la valeur hygiénique du lait alimentaire et sur les dérivés du lait. — *Le Lait*, 1935, p. 905.
- PARISOT (J.), MELNOTTE (P.) et FOURNIER (L.). — L'hygiène du lait en Meurthe-et-Moselle. — *Bulletin trimestriel de l'Organisation d'Hygiène de la S. d. N.*, Vol III, décembre 1934, p. 699.

- PARISOT (J.) et MELNOTTE (P.). — Le problème du lait « potable » en Meurthe-et-Moselle. La législation actuelle peut-elle avantageusement le résoudre. — *Revue Médico-Sociale de l'Enfance*, 1936, n° 3.
- PIEN (J.) et HERSCHDÆFER (S.). — Les saveurs et odeurs anormales du lait. — *Le Lait*, 1935, n° 141 et 142.
- PORCHER. — Réhabilitons le lait cru. — *Le Lait*, 1933, p. 237.
- RENNES (J.). — Production, commerce et contrôle hygiénique du lait.
- RENKO. — La pasteurisation et son action sur le lait. — *Le Lait*, 1936, n° 157, p. 771.
- RÆLAND. — Réhabilitons le lait cru. — *Gazette Médicale des Hôpitaux*, 15 juin 1932.
- Rapport sur la production hygiénique et le contrôle officiel du lait en Italie. — *An. Le Lait*, t. XIV, n° 138, p. 837.
- SELLEMANN. — Sur la question de la destruction des bacilles tuberculeux, typhiques et paratyphiques et des streptocoques de la mammite par quelques procédés de chauffage du lait actuellement utilisés. — *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, t. XXX, 1927, p. 765-770. — *An. Le Lait*, n°s 121-122, p. 143.
- SCHMIDT. — Recherches sur la teneur en bacilles du lait cru ou chauffé pendant longtemps. — *Le Lait*, t. XIV, n° 140, p. 1095.
- STIRLING (J.-D.) et BLACKWOOD (J.-H.). — Effet de la pasteurisation sur les propriétés nutritives du lait. — *An. Le Lait*, t. XV, n° 145, p. 542.
- SCOTT (W.-H.). — Maladies causées par le lait. — *Journal of Dairy Research*, t. VI, 1935, p. 163, 112. — *An. Le Lait*, 1936, p. 643.
- TAPERNOUX. — Les efforts d'organisation et d'assainissement du marché du lait en France. — *Le Lait*, 1935, n° 145, p. 480.

THIEULIN (G.). — Récolte, transport et traitement des laits de consommation en nature. — III^e Congrès International technique et chimique des industries agricoles. Vol. I, question XIV.

— L'Hygiène du lait en France. — *Le Lait*, 1936, p. 337.

TRIA (E.) et ZUMMA (C.). — Changements chimiques et physico-chimiques du lait de vache au cours de la pasteurisation. — *Bulletin de la Soc. Ital. Biol.*, t. IX, 1934, p. 278, 180.

WARNERY. — Essais de recherche des bacilles bovins dans le lait livré à la consommation parisienne. — *Revue de la tuberculose*, 1933, p. 959.

WHASBURN. — Tout lait destiné à la consommation devrait-il être pasteurisé, et si oui, pourquoi ? — *Le Lait*, t. XIII, n^o 121-122, p. 175.

WILLIBAD-WINKLER. — Succès obtenus jusqu'ici par l'emploi du courant électrique pour conserver et désacidifier le lait. — *Le Lait*, 1934, n^o 140, p. 1111.

WILSON. — Le classement du lait au Etats-Unis. — *Bulletin trimestriel de l'Organisation d'Hygiène de la S. d. N.*, décembre 1932.

YALE (M.-M.). — La pasteurisation à température élevée de courte durée aux Etats-Unis. — *Le Lait*, t. XV, n^{os} 145, 146, 147.

— La limitation des bastéries se développant au cours de la Pasteurisation. — *Le Lait*, 1935, t. XV, n^o 141, p. 76.

YALE (M.-M.) et KELLY (C.-D.). — Les bactéries thermophiles dans le lait pasteurisé à haute température. — *Le Lait*, 1935, n^o 144, p. 402.

Conclusions

Etant donné les conditions de la production, les laits crus du commerce, presque constamment malpropres et trop bacillifères, sont impropres à la consommation. Ils présentent un danger social énorme, ce sont des laits meurtriers, car ils sont responsables de plus de 50 pour cent des cas de mortalité infantile.

Les laits certifiés *officiellement contrôlés* ne représentent qu'une fraction *insignifiante* des laits de consommation. Les difficultés de leur obtention ne permettent pas d'espérer une augmentation importante de leur production; ils ne mettent pas, d'autre part, à l'abri de contaminations d'origine humaine.

Le seul moyen pratique d'assurer la distribution aux consommateurs d'un lait véritablement hygiénique réside dans l'emploi de la pasteurisation des laits proprement recueillis.

Tous les essais de pasteurisation que nous avons effectués avec les appareils tubulaires Corblin ont été aussi satisfaisants que possible, toutes les fois que les appareils ont été correctement employés, c'est-à-dire

après un nettoyage et une désinfection soignés. Dans ces conditions, nous n'avons trouvé que tout à fait exceptionnellement plus de 8 à 9.000 colonies au centimètre cube et pas de coli.

Par contre, lorsque les appareils n'étaient pas soigneusement désinfectés, nous avons trouvé deux fois plus de 100.000 germes au centimètre cube et du coli présent dans moins de 10 cc. Nous avons pu constater la même chose sur d'autres appareils, aussi nous croyons pouvoir affirmer que, quel que soit l'appareil de pasteurisation employé, il faut le nettoyer et le stériliser avant chaque opération, faute de quoi la pasteurisation risque de n'être qu'illusoire.

Nous avons pu constater, d'autre part, que dès que la température de pasteurisation dépasse 73°, la montée de la crème et plus encore la coagulabilité du lait par la présure sont rapidement touchés et ce d'autant plus que se prolonge la durée du chauffage. On peut même affirmer que ces propriétés du lait sont plus sensibles à une prolongation de la durée du chauffage qu'à une élévation de température. Ainsi la montée de la crème est à peine touchée par un chauffage de 14 secondes à 75°. Avec les appareils tubulaires, un chauffage de 27 et 28 secondes à 73°, suivi d'un chambrage de 7 à 8 secondes, n'a pas sensiblement modifié la montée de la crème, tandis que la durée de la coagulation par la présure était sensiblement augmentée, presque doublée.

Les quelques analyses de laits pasteurisés en carafe, achetés chez des détaillants de la ville, montrent une richesse microbienne excessive et dans presque tous le coli est abondant ! Ceci montre qu'il faut non seulement soigner la pasteurisation, mais aussi les traitements ultérieurs du lait et surtout la conservation au froid. Quoi qu'il en soit, la vente du lait en carafe est le complément désirable, indispensable, d'une bonne pasteurisation, mais encore faudrait-il que, en attendant la livraison au consommateur, le lait qui vient d'être nettoyé, pasteurisé, embouteillé avec tant de soins, soit conservé dans de bonnes conditions, de préférence en glacières.

On le fait bien pour la bière, pourquoi ne le fait-on pas pour le lait !

De ce qui précède, il résulte que le terme lait pasteurisé n'a pas une valeur absolue, et que le procédé, pour être réellement efficace, hygiénique, doit être appliqué avec les soins les plus méticuleux.

Nous dirons que si la pasteurisation obligatoire de tous les laits de consommation s'impose comme une mesure de sécurité publique urgente, il n'en est pas moins vrai qu'un contrôle de la pasteurisation est tout aussi indispensable si l'on veut mettre le consommateur à l'abri de déficiences moins rares qu'on ne pourrait peut-être le croire.

Vu :

Nancy, le 8 Mai 1937.

Le Président de la Thèse :

PARISOT.

Vu et approuvé

Nancy, le 10 Mai 1937.

Le Doyen de la Faculté de Médecine

L. SPILLMANN.

Vu et permis d'imprimer :

Nancy, le 10 Mai 1937.

Le Recteur de l'Académie,

BRUNTZ,

Président du Conseil de l'Université.

Table des Matières

	Pages
AVANT-PROPOS	5
INTRODUCTION	7
CHAPITRE PREMIER : <i>Le Lait cru</i>	15
CHAPITRE II : <i>La question du lait cru hygiénique</i>	25
CHAPITRE III : <i>La pasteurisation</i>	33
<i>Etude critique de différents procédés de pasteurisation industrielle</i>	33
CHAPITRE IV : <i>Caractéristiques des installations de pasteurisations sur lesquelles ont porté nos expériences</i>	65
CHAPITRE V : <i>Contrôle de la pasteurisation</i>	69
BIBLIOGRAPHIE	85
CONCLUSIONS	93
